



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC PRO VZNĚTOVÉ
MOTORY**

DPF FOR CI ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Hanák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: Jiří Hanák
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Filtry pevných částic pro vznětové motory

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Vysvětlení principu činnosti filtru pevných částic pro vznětové motory. Zamyšlení nad perspektivou budoucího vývoje přeplňovaných vznětových motorů s ohledem na snižování škodlivin ve výfukových plynech.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu filtrů pevných částic pro vznětové motory a popis jejich konstrukčního řešení. Způsoby regenerace. Výhody a nevýhody s ohledem na plnění emisních limitů. Specifické součásti – keramika, katalytická vrstva. Příklady řešení systému u konkrétních pohonných jednotek.

Seznam doporučené literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HEISLER, Heinz. Advanced Engine Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 1-56091-734-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje vznik škodlivých částic při spalovacím cyklu vznětového motoru a zamezení jejich šíření do ovzduší pomocí filtrů pevných částic. První část práce se zabývá typy a mechanismy vzniku těchto částic včetně regulace jejich maximálních hodnot prostřednictvím emisních norem. Práce následně shrnuje princip fungování filtrů pevných částic, jejich druhy, způsoby konstrukce a jejich regenerace. Popisuje také konkrétní systémy dieselového motoru s filtrem pevných částic, a to včetně praktických řešení. V závěru se práce věnuje nejvíce problematickým kombinacím filtru pevných částic s dieselovým motorem a nastiňuje možný budoucí technologický vývoj.

KLÍČOVÁ SLOVA

filtr pevných částic, DPF, pevné částice, regenerace, emise

ABSTRACT

This bachelor thesis describes formation of harmful particles during combustion cycle of diesel engine and blocking its spreading into atmosphere using diesel particulate filters. First part of this thesis looks into types and mechanisms of formation of these particles including regulations of its maximal value in atmosphere thanks to emission regulations. Then this thesis summarizes principles of diesel particulate filters' functioning, their types, methods of construction and regeneration. Also, there are described systems of diesel particulate filters with diesel engine and practical solutions. In conclusion, this thesis deals with problematic combinations of diesel particulate filters and diesel engines and outlines possible future development.

KEYWORDS

particulate matter filter, DPF, particulate matter, regeneration, emissions

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HANÁK, Jiří. *Filtry pevných částic pro vznětové motory*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124059>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 54 s. Vedoucí práce Radim Dundálek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, PhD. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 15. června 2020

.....

Jiří Hanák

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Radimu Dundálkovi, PhD. za vstřícnost a ochotu při vedení této práce a za cenné rady a věcné připomínky, které mi poskytl. Děkuji rovněž autoservisům Top Car Service Blansko spol. s r.o. a René Slouk – RS Servis za poskytnutí informací pro vypracování praktické části této práce.

OBSAH

Úvod	11
1 Škodlivé částice ve výfukových plynech	12
1.1 Popis jednotlivých typů škodlivých částic ve výfukových plynech	13
1.2 Mechanismus vzniku hlavních škodlivých částic	15
2 Emisní limity vznětových motorů	17
2.1 Homologace vozidel do 3,5 t	17
2.2 Emisní kontroly	18
3 Opatření pro snížení škodlivosti	20
3.1 Úprava škodlivin před vstupem do motoru	20
3.2 Úprava škodlivin v motoru	20
3.3 Úprava škodlivin na výstupu z motoru	20
4 Filtry pevných částic	23
4.1 Uvedení filtrů pevných částic	23
4.2 Konstrukce filtrů pevných částic	23
4.3 Regenerace filtrů pevných částic	24
4.3.1 Aktivní systémy regenerace	26
4.3.2 Pasivní systémy regenerace	26
4.4 Doba trvání regenerace	26
4.5 Typy filtrů pevných částic	27
4.5.1 Filtr pevných částic s aditivou	27
4.5.2 Filtr pevných částic bez aditiv	28
4.5.3 Filtr pevných částic s externím vstřikovačem	29
4.5.4 Neřízený filtr pevných částic	30
4.6 Plnění emisních limitů a životnost filtru	31
5 Poruchy a opravy DPF systému	32
5.1 Faktory způsobující poruchy DPF systému	32
5.2 Oprava systému DPF	33
5.3 Odstranění DPF systému	37
6 Problematické motory s DPF	38
6.1 Nezávislý autoservis Top Car Service Blansko spol. s r.o.	38
6.2 Nezávislý autoservis René Slouk – RS Servis Blansko	39
7 Příklady konkrétních řešení	42
7.1 Ford Galaxy	42
7.2 Opel Corsa	45
7.3 Hyundai Santa Fe	45

8	Perspektiva budoucího vývoje dieselových motorů s DPF	47
	Závěr	48
	Seznam použitých zkratek a symbolů	53

ÚVOD

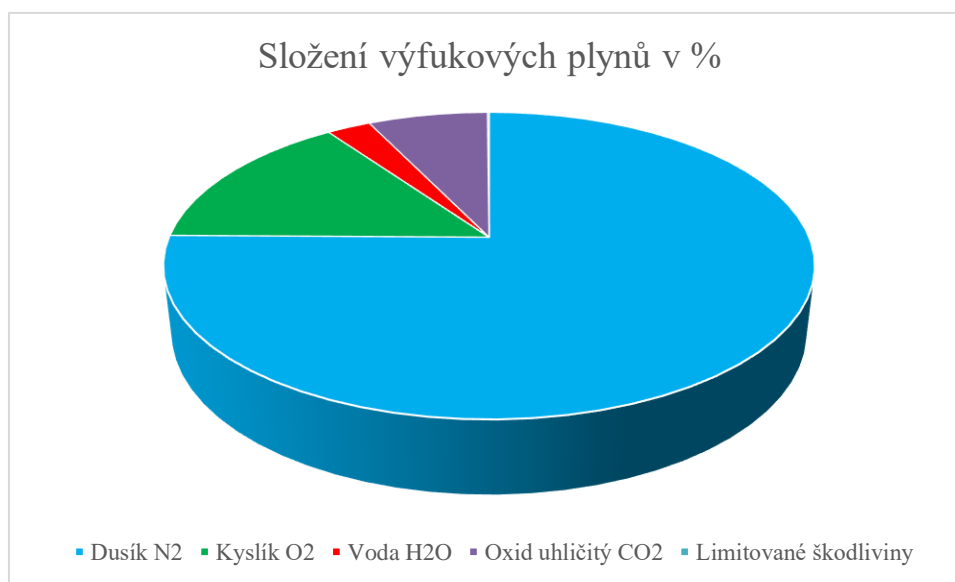
V současné době se stává celosvětovým problémem automobilového průmyslu, jak nejlépe zkonstruovat a uplatnit ve svých vozech benzínové a dieselové spalovací motory. Důvodem jsou především neustále se zvyšující nároky na ekologický provoz. Problematickými se stávají především dieselové motory, jejichž produkce škodlivých emisí znečišťujících životní prostředí a ovzduší, převyšuje produkci škodlivých emisí benzínových motorů. Nicméně i u moderních přeplňovaných benzínových motorů začíná být provoz po stránce ekologie komplikovaný. Zjednodušeně řečeno, výrobci motorů jsou v dnešní době nuceni podřizovat své produkty novým normám omezujícím množství vypouštěných výfukových plynů, což vede k použití komponent, které by pomohly požadovaným limitům vyhovět. Proto dochází při výrobě nových spalovacích motorů k montáži zařízení na výfuková potrubí dieselových i benzínových motorů, které se nazývá filtr pevných částic. Jeho úkolem je pohlcovat škodlivé částice, které vznikají při spalovacím procesu v dieselových i benzínových motorech. Tyto částice kromě znečišťování životního prostředí také značně ohrožují zdraví lidí i zvířat. Jejich vdechování může způsobit onemocnění dýchacího ústrojí, a proto je nutné šíření těchto částic co nejvíce omezit. [1]

V této práci bude popsán princip funkce filtru pevných částic se zaměřením na jeho fungování s dieselovými motory, konstrukce filtru, principy čištění filtru a budou rovněž shrnuty možnosti konkrétního řešení filtrů pevných částic.

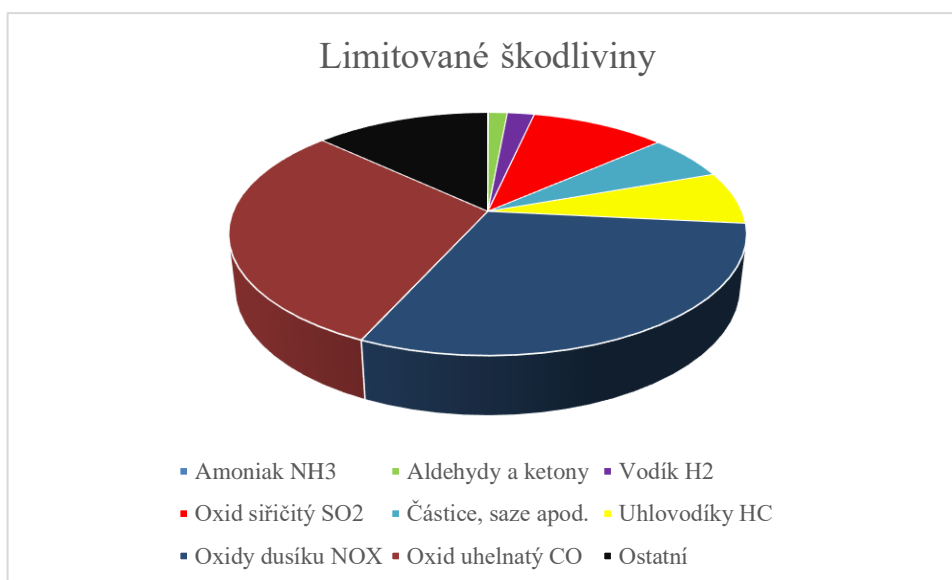
1 ŠKODLIVÉ ČÁSTICE VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH

Výfukovým potrubím odchází při spalovacím cyklu dieselového motoru velké množství částic. Tyto částice vznikají dokonalým nebo nedokonalým spalováním. Při dokonalém spalování se objevují částice oxidu uhličitého (CO_2) a vody (H_2O). Při nedokonalém spalování dochází ke vzniku částic oxidu uhelnatého (CO) a vodíku (H_2). Rovněž se uvolňují částice kyslíku (O_2), který u vznětového motoru vzniká vždy, jelikož vznětové motory pracují s přebytkem vzduchu. V největší míře se však ve výfukových plynech vyskytuje dusík (N_2). Jeho oxidací za vysokých teplot vznikají oxidy dusíku (NO_x), které jsou převážně tvořeny oxidem dusnatým (NO), v menší míře oxidem dusičitým (NO_2) a v neposlední řadě také oxidem dusným (N_2O). Za nepříznivých podmínek spalovacího cyklu dieselového motoru potom mohou vznikat i částice nespálených uhlovodíků (HC). Při spalování uhlovodíkových paliv se objevují i oxidy síry (například SO_2). Jedním z nejdůležitějších problémů spojených s dieselovými motory je vznik sazí (pevného uhlíku) ve výfukovém potrubí. Tyto saze vznikají bez přístupu vzduchu při vysoké teplotě dekompozicí molekul uhlovodíku (HC). Dále odchází při spalovacím cyklu dieselového motoru výfukovým potrubím i malé množství dalších různých pevných částic jako je například olej, prach, rez atd. [2] [3]

Přibližné složení výfukových plynů je znázorněno na obr. 1.1, limitované škodliviny, tj. korigované pomocí katalyzátoru a filtru pevných částic jsou zobrazeny na obr. 1.2.



Obr. 1.1 Graf složení výfukových plynů [4]



Obr. 1.2 Graf limitovaných škodlivin ve výfukových plynech [4]

1.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ŠKODLIVÝCH ČÁSTIC VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH

Všechny částice obsažené ve výfukových plynech, kromě částic vody (H₂O) a kyslíku (O₂), jsou pro lidský organismus více či méně škodlivé. [2] [4]

Oxid uhelnatý (CO) je jedovatý plyn, který je nebezpečný pro lidský organismus. Při jeho vdechování se vytváří v lidském těle karboxyhemoglobin, jehož přítomností dochází k blokaci přenosu kyslíku z plicních sklípků do krevního oběhu lidského organismu. Při nedostatku kyslíku nastává poškození jednotlivých orgánů lidského těla. Oxid uhelnatý se podílí také na vzniku letního (fotochemického) smogu. [2] [4]

Oxid uhličitý (CO₂) je bezbarvý plyn, který rovněž škodí lidskému organismu, jakmile začne vytěšňovat vdechovaný kyslík. Patří mezi tzv. skleníkové plyny, které omezují sdílení tepla Země s okolním prostředím a přispívají ke vzniku radiační clony v atmosféře. Důsledkem vysoké koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře je globální oteplování planety a s tím spojené tání ledovců a zvyšující se hladina oceánů. [2] [4]

Oxidy dusíku (NO_x) představují plyny, jejichž přímá škodlivost pro lidský organismus závisí na tom, o jaký plyn se jedná. Přímá škodlivost oxidu dusnatého pro lidský organismus není příliš vysoká, naproti tomu přímá škodlivost oxidu dusičitého pro lidský organismus je považována za závažnější. Při vdechování těchto plynů dochází ke tvorbě kyseliny dusičné (HNO₃) na stěnách sliznice. Reakce dýchací soustavy lidského těla na vdechování kyseliny dusičné je stejná jako v případě, když se člověk ocitne v místě požáru. Dýchací soustava začne automaticky uzavírat přístup vzduchu do plic a důsledkem je nucení ke kašli a dušení. Tento proces začíná v lidském těle již při vystavení malým koncentracím oxidů dusíku. Oxidy dusíku mají také značný podíl na tvorbě letního smogu a kyselých dešťů. [2] [4]

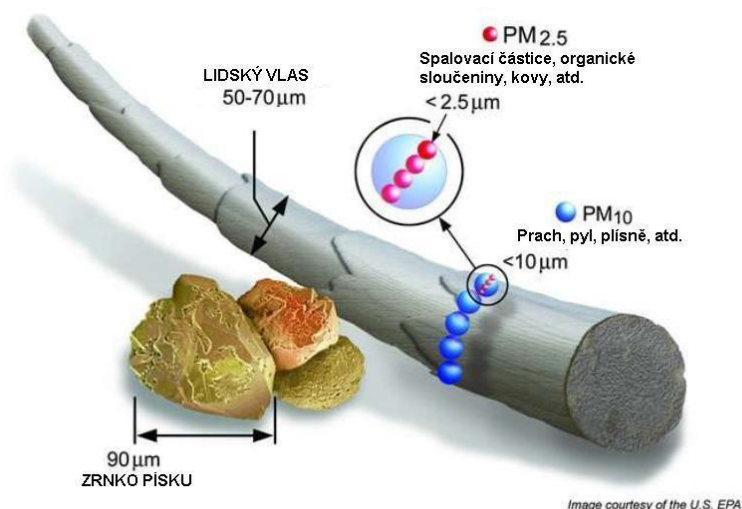
Nespálené uhlovodíky (HC) jsou směsí různých skupin uhlovodíků. Jejich škodlivost se liší podle toho, zda vstupují do oxidačního procesu jako palivo, nebo vznikají až při spalovacím procesu vznětového motoru. Některé původní skupiny uhlovodíků mají obvykle nízkou

škodlivost pro lidský organismus. Jednotlivé druhy uhlovodíků, které vznikají jako meziprodukty oxidačního procesu, mají velmi vysokou až extrémní škodlivost pro lidský organismus. Některé meziprodukty jsou považovány za rakovinotvorné a při jejich navázání na další částice ve výfukových plynech dochází při vdechnutí k přenosu velmi nebezpečných látek do lidského těla (např. při navázání na pevné částice). Jejich dopad na lidské zdraví je mimořádně negativní, poškozují sliznice, dýchací cesty a mohou způsobovat poruchy podmíněných reflexů. Uhlovodíky, které jsou nespálené nebo jen částečně zoxidované, způsobují charakteristický zápach výfukových plynů. [2] [4]

Oxidy síry (SO_2) jsou plyny, které vznikají především při spalovacím cyklu vznětového motoru. Jejich podíl v rámci emisí produkovaných spalovacími motory je zanedbatelný vzhledem k množství emisí celkově vypouštěných průmyslem. Přesto je patrná snaha o snižování jejich podílu ve výfukových plynech, a to zejména snižováním obsahu síry v motorové naftě. [2] [4]

Pevné částice neboli saze vznikají především u vznětových motorů. Jsou tvořeny převážně primárním uhlíkem, organickým uhlíkem, malým množstvím sulfátu, dusíku, vody a ostatními blíže neidentifikovatelnými složkami. Jádro pevných částic je tvořeno především pevným uhlíkem – popelem. Při krátkodobém vystavení lidského organismu pevným částicím dochází k podráždění průdušek, jícnu, očí a může docházet k nucení ke zvracení či dýchacím potížím. Při dlouhodobém vystavení lidského organismu pevným částicím může docházet k zánětům plic nebo histopatologickým změnám v plicích. Je nutné rozlišovat jejich škodlivost vzhledem k velikosti pevných částic. K odstranění velkých částic dochází polykáním nebo zachycováním v horních dýchacích cestách. Částice menší než $0,1 \mu\text{m}$ však mohou proniknout až do plic. Jejich odstranění je možné provést čištěním plicních sklípků, může však také dojít k tomu, že budou lymfatickým systémem lidského těla unášeny a doputují až do krevního oběhu. Odhad koncentrace pevných částic, které v lidském těle nezpůsobují karcinogenní procesy, je přibližně $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Vzhledem k velikosti patří pevné částice k těm malým. Ve většině případů dosahují velikosti menší než $1 \mu\text{m}$, dokonce více než 90 % z nich je menších než $0,1 \mu\text{m}$. Povrch pevných částic může adsorbovat různorodé směsi. Uvedené směsi mohou být karcinogenní, mutagenní a obecně toxické pro lidský organismus. [2] [4] [5]

Velikost částic – názorná představa



Obr. 1.3 Velikost pevných částic [22]

Obecně lze konstatovat, že produkce oxidů dusíku (NO_x) a pevných částic emitovaných dieselvými motory díky jejich vývoji klesla na přibližně 10 – 20 % původní produkce za posledních 20 let. [20]

Na základě uvedeného popisu se jako nejškodlivější pro lidský organismus jeví nespálené uhlovodíky a pevné částice. K tomuto faktu je potřeba přihlížet při řešení konstrukce filtrů pevných částic.

1.2 MECHANIZMUS VZNIKU HLAVNÍCH ŠKODLIVÝCH ČÁSTIC

Oxid uhelnatý (CO) při spalovacím cyklu vznětového motoru zpravidla za velkých přebytků vzduchu oxiduje na oxid uhličitý. Koncentrace oxidu uhelnatého produkovaného vznětovými motory dosahuje desetinových hodnot ve srovnání s jejich produkcí u zážehových motorů. Až při vyšším zatížení vznětového motoru dochází k výraznějšímu nárůstu oxidu uhelnatého, avšak již před tím je dosažena hranice kouře, což je hranice maximální dávky vstřikovaného paliva. K nejvyšší tvorbě emisí oxidu uhelnatého dochází při nízkém zatížení neboli běhu na prázdko u spalovacích systémů s tvorbou směsi ze stěny. Nízká teplota stěny má nepříznivý vliv na tvorbu směsi. [2]

Oxidy dusíku (NO_x) vznikají za vysokých teplot spalovacího cyklu (1900 až 2000 °C) vznětového motoru a za dostatečného přístupu kyslíku. Aby bylo možné dosáhnout těchto teplot, je nutné spalovat mírně bohaté směsi paliva. Koncentrace oxidů dusíku produkovaných vznětovými motory je opět nižší ve srovnání s produkcí u zážehových motorů. [2]

Nespálené uhlovodíky (HC) vznikají předčasným zastavením oxidačních reakcí v určitých místech spalovacího prostoru nebo také poruchami, vynecháním spalovacího cyklu vznětového motoru. Značný vliv na obsah nespálených uhlovodíků ve spalovacím cyklu u vznětového motoru má teplotní režim motoru, způsob konstrukce spalovacího prostoru motor nebo bohatost směsi. Jejich množství může také ovlivnit konstrukce pístů motoru. Obsah emisí nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech je odvislý rovněž od technického stavu motoru a jeho správného seřízení. K nižší tvorbě nespálených uhlovodíků dochází v oblasti chudé směsi paliva s hodnotou součinitele přebytku vzduchu λ ($\lambda=1,1$ až $1,2$). Odlišné hodnoty součinitele přebytku vzduchu vedou k navyšování emisí nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech. [2]

Pevné částice (saze) vznikají za vysokých teplot spalováním neodpařených kapek paliva motorové nafty a při až extrémně nízkých hodnotách součinitele přebytku vzduchu. Největší roli v tvorbě emisí pevných částic vznětového motoru hraje kvalita rozprášení paliva při jeho vstřikování do spalovacího prostoru motoru. Jestliže nedojde ke spálení celé dávky paliva, dochází působením sazí k zabarvení výfukových plynů do černa. Pevné částice obsahují organické složky, které vznikají z nespáleného paliva, motorového oleje, produktu částečného spalování a pyrolýzy. Tyto složky se vytvářejí, jestliže se nespálené palivo, motorový olej apod., zachytí ve štěrbinách válce motoru nebo na chladných místech spalovacího prostoru, kde nedochází k oxidaci nebo tepelnému rozkladu. Za vysokých teplot se nacházejí tyto složky ve výfukovém potrubí v plynné formě, nicméně při snížení teploty a zředění některých organických složek mohou sorbovat na povrch pevných částic. Snížení emise pevných částic lze dosáhnout zvýšením celkového podílu vzduchu ve spalovacím prostoru. V důsledku opotřebení komponent motoru nebo také z paliva a mazacího oleje mohou vznikat rovněž pevné částice kovových směsí. Při spalovacím procesu může docházet ještě k vzniku pevných částic sloučenin síry (sulfátů). Jejich množství je ovlivněno obsahem síry v palivu a mazacím oleji. Ve výfukových plynech lze snížit množství sloučenin síry pomocí přídavného oxidačního zařízení (oxidační katalyzátor). [2] [6]

Z hlediska řešení konstrukce filtrů pevných částic je podstatné zohlednit zejména proces tvorby pevných částic, které vznikají při spalovacím procesu vznětového motoru.

2 EMISNÍ LIMITY VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

Vzhledem k negativním ekologickým dopadům na životy lidí, živočichů a okolního prostředí výše popsaných škodlivin ve výfukových plynech bylo nezbytné stanovit emisní limity, jež dle zákona musí splňovat každý spalovací motor uvedený na trh. Tyto emisní limity určují jednotlivé státy samostatně. Zásadní význam pro jejich stanovení však mají rozhodnutí přijatá na půdě mezinárodních organizací. Ty pak jednotlivé státy jako členské země těchto organizací přejímají do své legislativy, ať už v plném znění nebo s výhradami, popřípadě s úpravami platnosti. Mezi organizace, které mají na tvorbu legislativy v oblasti průmyslu největší vliv, patří OSN, resp. Evropská hospodářská komora (EHK OSN), Evropská unie (EU), Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA). Díky sjednocování legislativy prostřednictvím mezinárodních platform tak ani výrobci spalovacích motorů nemusí v každém konkrétním státě přivádět na trh motory s různými stupni nastavení, ale mohou se více či méně spolehnout na jednotná pravidla vedoucí k omezování produkce škodlivin ve výfukových plynech. [2] [4]

Maximální hodnoty emisí výfukových plynů u nových motorů nebo motorů poprvé uváděných do provozu, jsou stanovovány pomocí homologačních testů. Naopak u vozidel, které se již nacházejí v provozu, jsou povinné pravidelné emisní, popřípadě technické kontroly. Tyto kontroly ověřují, zda se hodnoty emisí výfukových plynů v průběhu provozu vozidel nezvyšují. Jestliže dojde kvůli postupnému opotřebování motorů nebo závadám k překročení předepsaných emisních limitů, není provoz vozidla přípustný. [2] [4]

2.1 HOMOLOGACE VOZIDEL DO 3,5 T

V roce 1971 byla zavedena první norma (EHK 15) omezující hodnoty přípustného obsahu oxidu uhelnatého a také nespálených uhlovodíků v ovzduší. Poté docházelo ke změnám a doplňování seznamu škodlivin, jejichž hodnota emisí výfukových plynů musí být omezena. Až koncem osmdesátých let byla vytvořena nová norma (EHK 83), která představuje základ pro předpisy platné v dnešní době. Tato norma platí v původním znění v ČR od roku 1991. Rozlišuje tři typy hodnocení v závislosti na konkrétním typu motoru. První typ (typ A) se týká zážehových motorů, které nedisponují žádnou dodatečnou úpravou spalín. Druhý typ (typ B) platí pro zážehové motory s katalyzátorem. Poslední typ (typ C) se zaměřuje na vznětové motory. Následně probíhaly neustálé úpravy předpisů a především došlo k postupnému zpřísnění emisních limitů. V rámci Evropské unie byla vytvořena série předpisů, které nesou označení EURO a číslo dané revize předpisu. Limitní hodnoty jednotlivých emisí výfukových plynů jsou stanoveny pro každou skupinu vozidel, s maximální přísností dle hranic ekonomické, technické a výrobní dosažitelnosti. Před homologací každého nového vozidla a také v průběhu jeho výroby je kontrolováno dodržení emisních limitů. V současnosti je v Evropské unii pro homologaci nových vozů do hmotnosti 3,5 t platná norma EURO 6 (6d-TEMP). [2] [4]

Hodnoty aktuálně platných emisních limitů jsou uvedeny v tabulce 1 níže.

Tab. 1 Tabulka s platnými emisními normami [15]

Norma	Datum zavedení normy	CO [g/km]	HC [g/km]	HC+NO _x [g/km]	NO _x [g/km]	PM [g/km]
Euro 1	07/1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	01/1996	1	-	0,7	-	0,08
Euro 3	01/2000	0,64	-	0,56	0,5	0,05
Euro 4	01/2005	0,5	-	0,3	0,25	0,025
Euro 5a	09/2009	0,5	-	0,23	0,18	0,005
Euro 5b	09/2011	0,5	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	09/2014	0,5	-	0,17	0,08	0,005

2.2 EMISNÍ KONTROLY

Pro vozidla provozovaná v České republice vyplývá ze zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, povinnost pravidelné kontroly hodnot emisí výfukových plynů na stanicích kontroly emisí. Způsoby a rozsah provedení kontroly upravuje vyhláška Ministerstva dopravy č. 211/2018 Sb., o technických prohlídkách vozidel. Cílem této vyhlášky je udržet hodnoty emisí výfukových plynů na přípustné úrovni po celou dobu provozu vozidla až do jeho vyřazení. Pro automobily do hmotnosti 3,5 t je interval emisní kontroly v ČR každé dva roky. [2] [6]

Vzhledem k omezenému rozsahu této práce bude přihlíženo pouze ke způsobu měření emisí u vznětových motorů s řízeným systémem emisí.

U vznětových motorů s řízeným systémem emisí dochází k pohledové kontrole dílů ovlivňujících tvorbu a redukci emisí výfukových plynů, těsnost palivového, sacího a výfukového potrubí, těsnost motoru apod. Dále je u systému řízení emisí výfukových plynů kontrola prováděna pomocí diagnostického zařízení, čtení paměti závad řídicí jednotky motoru atd. Poté dochází ke kontrole seřízení motoru zahrátého na provozní teplotu. Při ní jsou odečítány hodnoty volnoběžných otáček a příslušné hodnoty emisí výfukových plynů, a zároveň je sledována pravidelnost chodu motoru. Při maximálních otáčkách jsou opět kontrolovány jejich hodnoty a s nimi spojené hodnoty emisí výfukových plynů včetně pravidelnosti chodu motoru. Velmi důležitou součástí kontroly emisí výfukových plynů vznětových motorů představuje kontrola kouřivosti motoru metodou volné akcelerace. Nakonec jsou porovnány hodnoty naměřené při jednotlivých stupních zatížení motorů s hodnotami uvedenými od výrobce vozidla. Výrobce není povinen tyto hodnoty stanovit. V takovém případě nesmí naměřené hodnoty z emisní kontroly překročit limity stanovené vyhláškou. [2]



Obr. 2.1 Měření emisí u vozu Volkswagen Golf [23]

Na základě uvedených skutečností je podstatné sledovat technický stav vozidla, jeho správný chod a dbát na pravidelnou kontrolu filtru pevných částic, aby nedocházelo k vzniku nepřípustného množství emisí výfukových plynů, což by mohlo vést k odstavení vozidla z provozu.

3 OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ ŠKODLIVOSTI

Existuje několik způsobů, kterými je možné snižovat emise výfukových plynů vznětových motorů. Obecně je lze rozdělit na 3 typy: úprava před vstupem do motoru, úprava v motoru a úprava na výstupu z motoru.

3.1 ÚPRAVA ŠKODLIVIN PŘED VSTUPEM DO MOTORU

Prvním typem jsou opatření snižující hodnoty emisí výfukových plynů ještě před vstupem do motoru. Sem patří optimální návrh plnicí soustavy motoru. Jde o ideální nastavení směšovacího poměru paliva se vzduchem a samotné směsi. Výrobci se snaží o správné promísení paliva se vzduchem za co možno nejkratší dobu, čímž by dosáhli dokonalého průběhu spalování. [2]

3.2 ÚPRAVA ŠKODLIVIN V MOTORU

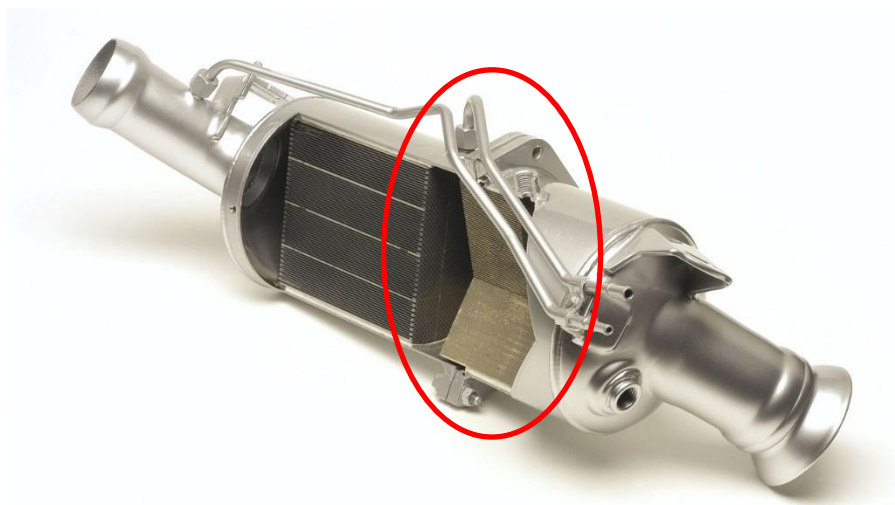
Druhou možnost představují opatření snižující hodnoty emisí výfukových plynů přímo v motoru. K nim se řadí ovlivňování samotného průběhu spalování palivové směsi. Změnou hodnoty součinitele přebytku vzduchu je možné měnit hodnoty emisí oxidu dusíku. Důležitý je způsob přívodu dávky paliva. Při srovnání standardního vstřiku paliva a rozdělení dávky paliva mezi první a druhou dávkou paliva je možné pozorovat oproti standardnímu vstřiku snížení emisí oxidu dusíku i nespálených uhlovodíků. Pozdějším vstřikováním lze dosáhnout snížení emisí oxidu dusíku, ovšem za zvýšení spotřeby paliva, zvýšení kouřivosti a navýšení hodnot emisí oxidu uhelnatého. Snížení emisí oxidu dusíku je možné u přeplňovaných vznětových motorů dosáhnout také snížením teploty plnicího vzduchu v mezichladiči. Úpravou provedení vstřikovací soustavy a trysky lze docílit snížení obsahu emisí nespálených uhlovodíků. Snížení emisí nespálených uhlovodíků až o 75 % napomůže umístění výstřikových otvorů palivové směsi přímo do sedla trysky. Kouřivost motoru je možné snižovat jemnějším rozprášením paliva ve válci motoru. Snížení obsahu emisí oxidu dusíku se provádí pomocí vnitřní nebo vnější recirkulace výfukových plynů. Vnější recirkulace výfukových plynů dochází přes tzv. EGR ventil, který spojuje výfukové a sací ústrojí vznětového motoru. Toto řešení je založeno na přivedení části výfukových plynů zpět do spalovací komory, kde se mísí s čistým vzduchem. EGR ventil se vyskytuje v několika konstrukčních řešeních: bez ochlazování výfukových plynů nebo s plným a částečným ochlazováním výfukových plynů. Bohužel čím větší část výfukových plynů je přivedena zpět do motoru, tím narůstá jeho kouřivost. Takže při plném zatížení motoru není možné recirkulaci výfukových plynů používat, při něm je však koncentrace emisí oxidu dusíku největší. [2] [4]

3.3 ÚPRAVA ŠKODLIVIN NA VÝSTUPU Z MOTORU

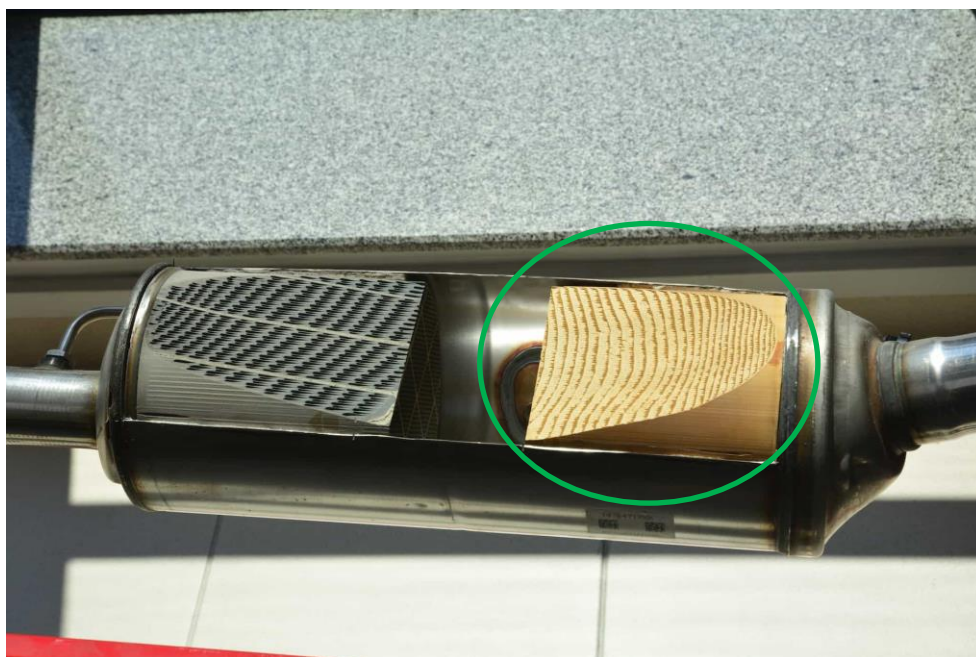
Třetím způsobem omezení množství škodlivin se stávají opatření snižující hodnoty emisí výfukových plynů na výstupu z motoru, tedy na výfukovém potrubí motoru. Sem je možné zařadit oxidační katalyzátory, které snižují obsahy emisí oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Oxidační katalyzátory pracují na principu chemické reakce limitovaných složek s kyslíkem, kde dochází k jejich přeměně na méně škodlivé částice. Oxidační katalyzátory je

možné nalézt jako samostatná zařízení namontovaná na výfukovém potrubí vznětových motorů nebo jako součástí těl filtrů pevných částic. Ke snížení obsahu emisí oxidů dusíku se používá SCR katalyzátorů. Jde o zařízení, které na principu selektivní katalytické redukce s redukčním činidlem sloučeniny amoniaku nebo močoviny snižuje obsah emisí oxidu dusíku a je montováno na výfukové potrubí vznětových motorů nebo v tlumiči výfuku. Tryska v SCR katalyzátoru vstříkne do výfukového systému rozprášenou kapalinu (roztok močoviny v demineralizované vodě, jinak označováno jako AdBlue) proti směru průchodu výfukových plynů výfukovým potrubím. V další fázi dojde ke spojení oxidu dusíku obsažených ve výfukových plynech s amoniakem a vznikne pouze dusík a voda. S touto technologií přišla společnost Scania. SCR katalyzátor se většinou používá s kombinací oxidačního katalyzátoru nebo oxidačního katalyzátoru s filtrem pevných částic. Snížení obsahu pevných částic se dosahuje pomocí speciálních filtrů (filtrů pevných částic), o nichž bude podrobně pojednáno v následující části práce. [2] [4]

Na obrázku 3.1 je zobrazen filtr pevných částic s předřazeným oxidačním katalyzátorem. Na obrázku 3.2 je vyobrazen filtr pevných částic s předřazeným SCR katalyzátorem.



*Obr. 3.1 Filtr pevných částic s předřazeným oxidačním katalyzátorem
označeným v červeném kruhu [7]*



Obr. 3.2 Filtr pevných částic s předřazeným SCR katalyzátorem označeným v zeleném kruhu [24]

Pro snížení tvorby emisí výfukových plynů je důležité správné nastavení spalovací směsi paliva se vzduchem. Použití oxidačních katalyzátorů zabraňuje šíření emisí výfukových plynů mimo pevných částic. Vhodnou konstrukcí vstřikovací trysky a jemnějším rozprášením paliva lze docílit snížení negativních důsledků procesů spalovacího cyklu dieselových motorů.

4 FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC

Filtry pevných částic jsou zařízení, jejichž úkolem je zachycovat pevné částice obsažené ve výfukových plynech. Jsou obvykle označovány zkratkou DPF (Diesel Particulate Filter), dříve byly označovány zkratkou FAP, ale ta se z neznámých důvodů neujala. Jsou umístěvány na výfuková potrubí. [2] [4] [7] [8]



Obr. 4.1 Filtr pevných částic [8]

4.1 UVEDENÍ FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC

Poprvé byly filtry pevných částic na osobních vozech použity v roce 1985 automobilkou Mercedes. Vozy vybavené filtry pevných částic byly určeny na vývoz do USA a Kanady. Šlo o prvotní verzi filtrů pevných částic a kvůli jejich nízké účinnosti a vysoké poruchovosti se od nich brzy upustilo. Až od roku 2000 byly filtry pevných částic znovu zařazovány do sériové výbavy osobních vozidel. S tímto nápadem přišly automobilky Peugeot a Citroen, které začaly vybavovat své vozy poháněné dieselovými motory s označením HDI (se vstřikovacím systémem Common-Rail) filtry pevných částic. Teprve až v září 2010 s příchodem emisní normy EURO 5 se filtry pevných částic staly povinnou součástí každého osobního automobilu s dieselovým motorem. [2] [5] [7] [8] [19]

4.2 KONSTRUKCE FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC

Hlavní úlohou filtrů pevných částic je zachytávání škodlivých pevných částic. K němu dochází díky porézní struktuře vložky filtrů pevných částic. Ta má voštinovou nebo vláknitou podobu a může být kovová, keramická (silikátová), keramická dotovaná např. hliníkem (cordierit) nebo ze spěkaných kovů. Nejběžnější používanou strukturou je keramický monolit (cordierit), oxid

křemičitý nebo karbid křemíku. Porézní struktura bývá také potažena katalytickým povlakem, který je tvořený katalytickými kovy (převážně platina). Při průchodu výfukových plynů obsahujících pevné částice jsou výfukové plyny nuceny procházet porézní strukturou vložky filtru, čímž dochází k mechanickému zachytávání pevných částic na struktuře filtru. U vstupu do vložky filtru pevných částic dochází k rozdělení toku výfukových plynů mezi mnoho komor. Komory jsou od sebe odděleny porézními stěnami s tloušťkou 300 – 400 μm . Těmito stěnami musí výfukové plyny procházet, aby byl možný jejich výstup na konci filtru, přičemž na nich dochází k zachytávání pevných částic. Přibližná velikost jednoho póru struktury je 10 – 20 μm . Obecně lze vložky filtru dělit podle hodnoty jejich pórovitosti. Méně porézní vložky filtru zvyšují protitlak ve výfukovém potrubí a pozitivně přispívají k úspěšnému průběhu regenerace (k regeneraci viz. dále). Naopak více porézní vložky filtru pevných částic se vyznačují lepší propustností výfukových plynů a tím snižují protitlak ve výfukovém potrubí. Konstrukční řešení, které používá tento způsob spalín přes filtr, se nazývá uzavřený systém. Existuje ještě další konstrukční řešení, které je označováno jako otevřený systém, např. TwinTec. Tok výfukových plynů ve filtru pevných částic s otevřeným systémem nemusí překonávat žádné překážky při průchodu filtrem, což má kladný efekt snížení odporu proudění. Vhodně umístěné tvarované výstupky uvnitř filtru umožňují rozdělení proudu výfukových plynů a usměrnění na povrchy ze spékaných materiálů, kde dojde k jejich zachycení. Obecně lze říci, že čím je větší porézní plocha uvnitř filtru, tím větší je jeho účinnost. U nově zkonstruovaných filtrů pevných částic se při jejich tvorbě klade důraz na rovnoměrné ukládání pevných částic na struktuře filtru, což usnadňuje jejich čištění. U některých typů vozidel se setkáváme s oxidačním katalyzátorem, který je již součástí těla filtru pevných částic – jde o filtr pevných částic s předřazeným oxidačním katalyzátorem. [2] [4] [5] [7] [8] [9] [18]

Porézní strukturu vložky filtru pevných částic je možné vidět na obrázku 4.2.

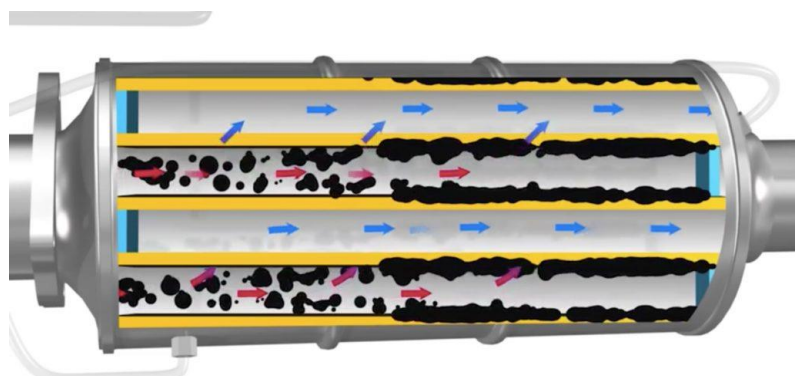


Obr. 4.2 Vložka filtru pevných částic [21]

4.3 REGENERACE FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC

V průběhu provozu vozidla dochází k zachytávání pevných částic na porézní struktuře vložky filtru pevných částic, a tím k postupnému zaplňování filtru. Čím je filtr pevných částic více

zanesen, tím více se snižuje jeho průchodnost, a tak i jeho účinnost. Naopak se zvyšuje protitlak ve výfukovém potrubí a v důsledku toho i spotřeba paliva apod. Je tedy nutné filtr nějakým způsobem vyčistit – tzv. regenerovat (použití regenerativního systému). Tento systém musí zajistit periodické nebo kontinuální čištění filtru. Zahájení regenerace vyhodnocuje řídicí jednotka pomocí mnoha vstupních údajů o aktuálních stavech motoru, filtru pevných částic a výfukovém potrubí. Řídicí jednotka dieselových motorů s filtrem pevných částic vyhodnocuje údaje o stavu filtru pevných částic a jeho zanesení pomocí několika čidel a snímačů. Některé vozy jsou také vybaveny kontrolkou signalizující průběh regenerace (např. některé modely automobilky Subaru). Před vstupem a za výstupem z filtru pevných částic se nacházejí snímače měřící diferenční tlaky. Řídicí jednotka tyto tlaky porovnává a na základě jejich hodnot vyhodnocuje, zda by regenerace měla být zahájena či nikoliv. Dále se zde nacházejí snímače měřící teploty výfukových plynů a teploty výfukových plynů v průběhu regenerace. U některých moderních japonských vozů se setkáváme až se třemi teplotními snímači na filtru pevných částic (např. Mazda 6). Mezi další zařízení předávající údaje řídicí jednotce lze považovat lambda sondu, teplotní čidla nacházející se na oxidačním katalyzátoru a také snímač hmotnosti nasávaného vzduchu. Dalšími vstupními hodnotami pro řídicí jednotku jsou ujetá vzdálenost mezi regeneracemi, protitlak ve výfukovém systému, aktuální rychlost vozu, zatížení vozu, teplota chladicí kapaliny apod. K regeneraci filtru pevných částic dochází většinou při vyšším zatížení motoru, kdy řídicí jednotka tento aktuální jízdní stav vyhodnotí jako vhodný pro průběh regenerace. Za ideální jízdní stav je považována ustálená jízda např. při vyšší rychlosti na dálnicích. [2] [4] [7] [8] [14] [17]



Obr. 4.3 Princip zaplňování filtru pevnými částicemi [8]

Pojem regenerace spočívá ve spálení zachycených pevných částic na struktuře vložky filtru pevných částic. Shořením usazenin dojde k jejich přeměně na oxid uhličitý s malým podílem sazí. K tomu, aby mohlo dojít ke spálení pevných částic, je nutné zvýšit teplotu výfukových plynů nad hodnotu meze jejich zápalnosti, která činí v prostředí kyslíku přibližně 550 – 600 °C. Této vysoké teploty je obtížné během provozu vozidla docílit, a proto je nutné buď teplotu výfukových plynů uměle zvýšit, nebo snížit teplotu vznícení pevných částic. Jak již bylo zmíněno, vhodnou konstrukcí filtru pevných částic lze dosáhnout rovnoměrného usazování pevných částic na struktuře filtru, které příznivě přispívá k optimálně řízené regeneraci. Správně prováděnými regeneracemi lze dosáhnout prakticky neomezené životnosti filtru pevných částic, takže uživatelům vozidla v souvislosti se systémem DPF nevznikají žádné další náklady na servis nebo náhradní díly. [2] [4] [7] [8]

Regenerativní systémy dále rozdělujeme na aktivní a pasivní.

4.3.1 AKTIVNÍ SYSTÉMY REGENERACE

Aktivní systémy regenerace pracují na principu přivádění dodatečné energie zvyšující teplotu spalin. Mezi tyto způsoby lze zařadit např. hoření paliva v komoře filtru přidáním topné spirály a opožděným vstřikem. Opožděného vstřikování lze dosáhnout např. díky vstřikovacímu systému Common-Rail (nebo také pomocí PD vstřikovacích systémů), kterým je většina dieselových motorů vybavena. Zvýšení teploty spalin pomocí opožděného vstřiku se dosahuje ve dvou fázích. V první fázi dochází po základním vstřiku paliva ještě k dodatečnému vstřiku paliva. To vede k následnému hoření paliva ve spalovací komoře, které zvýší teplotu spalin přibližně o 200 – 250 °C. Ve druhé fázi se část nespálených uhlovodíků, které vznikly dodatečným vstříknutím paliva, spálí až na oxidačním katalyzátoru, což vede k celkovému zvýšení výfukových plynů o přibližně 100 °C. [2] [4] [7] [8]

4.3.2 PASIVNÍ SYSTÉMY REGENERACE

Pasivní systémy regenerace využívají pro úspěšnou regeneraci předřazený oxidační katalyzátor dále filtry s aktivní vrstvou (platina), přidávání aditiv do paliva snižujících teplotu vznícení pevných částic apod. Používání aditiv vede k nepřetržitému spalování částic při provozu vozidla, což má opět pozitivní vliv na proces úspěšné regenerace. Aditivum, které snižuje teplotu vznícení pevných částic, se nazývá Eolys. Je tvořeno převážně katalytickým cerem či železem. Bylo vyvinuto společností Rhodia a při jeho nalití do nádrže a následným smícháním s palivem snižuje teplotu vznícení pevných částic na přibližně 450 °C. Bohužel nafta u většiny čerpacích stanic toto aditivum neobsahuje, a proto je nutné ho do nádrže pravidelně dolívat. [2] [4] [7] [8]

4.4 DOBA TRVÁNÍ REGENERACE

K regeneraci filtru pevných částic dochází v závislosti na stupni jeho zanesení. Zanesení ovlivňuje způsob jízdy, kvalita paliva, odvíjí se rovněž od technického stavu motoru a také od toho, kde je vozidlo provozováno. Při provozu vozidla s dieselovým motorem na krátké trasy (typicky městský provoz) trpí filtr pevných částic více než při provozu na dlouhé trasy (po dálnicích apod.). K regeneraci filtru pevných částic by mělo docházet automaticky každých asi 400 – 500 km, nicméně tato hodnota se pro každý vůz liší. Např. u dieselových motorů traktorů je interval mezi jednotlivými regeneracemi počítán na provozní hodiny a interval se pohybuje mezi 8 – 30 provozními hodinami. Doba regenerace se pohybuje řádově v desítkách minut, nicméně existují i systémy, kterým k regeneraci stačí pouze 2 – 3 minuty. Proces regenerace by neměl negativně ovlivňovat provoz vozidla, tedy řidič při jízdě by neměl pociťovat znatelný pokles výkonu. Delší doba regenerace (až 1 hodina) je například u systému topné spirály. Některé typy vozidel, převážně dieselové motory vysokozdvížných vozíků, potřebují k správnému průběhu regenerace delší časový úsek, přičemž vozidlo při regeneraci nesmí být používáno. To může být často pro uživatele nevyhovující (negativní ekonomické dopady na provoz, kde je vozidlo užíváno, v důsledku nutnosti přestávek). [2] [4] [7] [8]

4.5 TYPY FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC

Existují 4 typy filtrů pevných částic. Nejběžnějším používaným typem filtru pevných částic je systém DPF bez aditiv. Filtry pevných částic jsou následující:

4.5.1 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC S ADITIVY

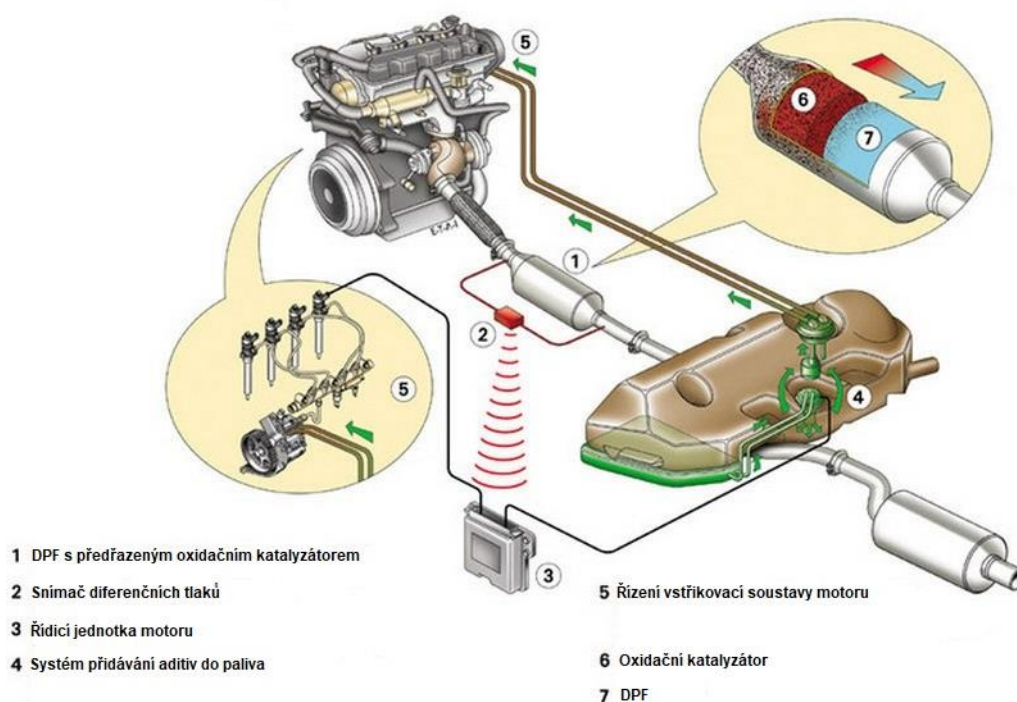
Tento typ filtru pevných částic využívá pro svou regeneraci již zmíněná aditiva (nejběžněji Eolys) za účelem snížení teploty vznícení pevných částic zachycených ve vložce filtru. Aditivum je nutné pravidelně dolévat do speciální nádržky, která se nachází většinou vedle palivové nádrže vozidla. K regeneraci u tohoto typu filtru pevných částic dochází ve dvou fázích. [7] [8]

V první fázi se předejde výfukové potrubí a k tomu je nutná zvýšená zátěž motoru. Nepříznivým jevem je snížení termodynamické účinnosti motoru vozidla. [7] [8]

Ve druhé fázi regenerace se dodatečně vstřikuje palivo, které většinou shoří až na oxidačním katalyzátoru, což zvýší teplotu výfukových plynů. Oxidační katalyzátor funguje v systémech DPF jako hořák. Při kontaktu nespáleného paliva dojde na oxidačním katalyzátoru ke skokovému zvýšení teploty výfukových zplodin vlivem chemické reakce paliva s vzácnými kovy uvnitř katalyzátoru. Tento princip zvýšení teploty výfukových zplodin je pro většinu typů DPF systémů stejný. V některých případech palivo shoří až ve filtru pevných částic. Tento typ filtru pevných částic hojně využívají automobilky Peugeot a Citroen, ale je možné ho nalézt i v jiných vozech, např. Škoda Superb první generace s motorem 2.0 TDI-PD. [7] [8]

Filtry pevných částic s aditivou jsou obecně charakteristické kratší dobou regenerace. Pro vznícení pevných částic uvnitř filtru je potřeba méně energie, díky použití aditiv snižujících teplotu vznícení částic. Proto i objem paliva v dodatečném vstřiku je oproti systému DPF bez aditiv minimální, což vede také k nižší spotřebě paliva nutné pro regeneraci. Zároveň díky menším teplotám systému DPF s aditivou dochází ke snížení tepelného namáhání nejen samotného filtru pevných částic, ale také i oxidačního katalyzátoru. Objem paliva, který ulpěl na stěnách válce, je při dodatečném vstřiku také menší oproti systému DPF bez aditiv. Při jeho setření pístními kroužky tak dochází k minimálnímu ředění motorového oleje palivem. Výsledkem je nižší opotřebení součástí motoru a současně zvýšení kvality mazacích vlastností motorového oleje. [7] [8]

Oproti ostatním typům DPF filtrů vyžaduje systém DPF s aditivou montáž soustavy přimíchávání aditiv, která může v průběhu provozu vozidla tvořit další poruchovou součást na voze. Zároveň je pro zachování správné funkce systému DPF nutné neustále doplňovat aditiva do speciální nádržky, ačkoli motor samotný nepotřebuje aditivum ke svému provozu. Samotná aditiva také negativně ovlivňují životnost tohoto typu filtru pevných částic, protože jej nechtěně zahlcují nespálenými zbytky aditiv. Jsou známy případy, kdy dokonce některé druhy aditiv reagují s biosložkami v palivu, což může vést ke zhoršení kvality spalovaného paliva, a tím zhoršení účinnosti motoru. V neposlední řadě je také nutné připočítat cenu aditiv k provozním nákladům vozidla. [7] [8]



Obr. 4.4 Princip funkce systému DPF s aditivu používaný automobilkami Peugeot a Citroen [8]

4.5.2 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC BEZ ADITIV

Filtr pevných částic bez aditiv reprezentuje nejběžněji používaný a nejvíce rozšířený typ filtru pevných částic. Tento typ filtru pevných částic bohužel také nejvíce zatěžuje běh motoru. Regenerace probíhá na stejném principu jako u typů filtrů pevných částic s aditivu, nicméně aditiva zde přidávána nejsou. Obecně konstrukce filtru dokáže odolat teplotám okolo 900 – 1000 °C. Vzhledem k tomu, že tento typ filtru pevných částic nepoužívá pro svoji funkci aditiva, je pro jeho úspěšnou regeneraci nutné dopravit více energie do výfukového potrubí. To vede k vyššímu objemu paliva při dodatečném vstřiku, které je nutné dopravit do výfukového potrubí za účelem získání ideální teploty pro vznícení pevných částic. Většinou bývají tyto filtry pevných částic umístěny dále od motoru, takže výfukové plyny, než doputují do filtru, ztrácejí svoji teplotu. Tento jev vede k nutnosti vyvinout vyšší energii pro dosažení požadované teploty pro vznícení pevných částic, takže rapidně vrůstá spotřeba paliva nutná pro regeneraci. Doba regenerace je proto oproti systému DPF s aditivu vyšší, neboť řídicí jednotka motoru vyčkává, až vzniknou ideální podmínky pro regeneraci. S vyšším objemem paliva v dodatečném vstřiku dochází k ulpívání vyššího objemu paliva na stěnách válců. Z tohoto důvodu se motorový olej více ředí palivem, což vede k negativním důsledkům popsaným výše. [7] [8]

Typ filtru pevných částic bez aditiv je díky své jednodušší konstrukci ve srovnání s ostatními typy DPF výrobně levnější. Oproti systému DPF s aditivu odpadá povinnost používání aditiv, což snižuje provozní náklady. Filtr pevných částic není vystaven nespáleným zbytkům aditiv, takže i jeho životnost je ve srovnání se systémem DPF s aditivu vyšší. [7] [8]

Nicméně dieselový motor vybavený tímto typem filtru pevných částic je obecně výrazně více zatěžován oproti motorům používajícím systém DPF s aditivem. Také cena systému DPF bez aditiv je vyšší než u systémů DPF s aditivem vzhledem k jejich významné tepelné námaze. Zároveň se tento typ filtru pevných částic nehodí pro dieselové motory používající vstřikovací systém se sdruženými vstřikovači ovládaných vačkovou hřídelí (TDI-PD). Uvedený vstřikovací systém nedokáže kvůli pevně danému časování motoru pružně ovlivňovat vlastnosti průběhu regenerace. Dále je pro správný průběh regenerace nutné přesné seřízení funkce vstřikovacího ústrojí včetně regulačních prvků paliva. Potřebná vysoká dávka energie na udržení teploty vznícení pevných částic uvnitř filtru způsobuje silné tepelné namáhání také výfukového potrubí. Při poškození tepelných clon okolo výfukového potrubí může docházet i k tepelnému poškození okolních součástí vozu (roztavení plastových krytů, nárazníků apod). [7] [8]



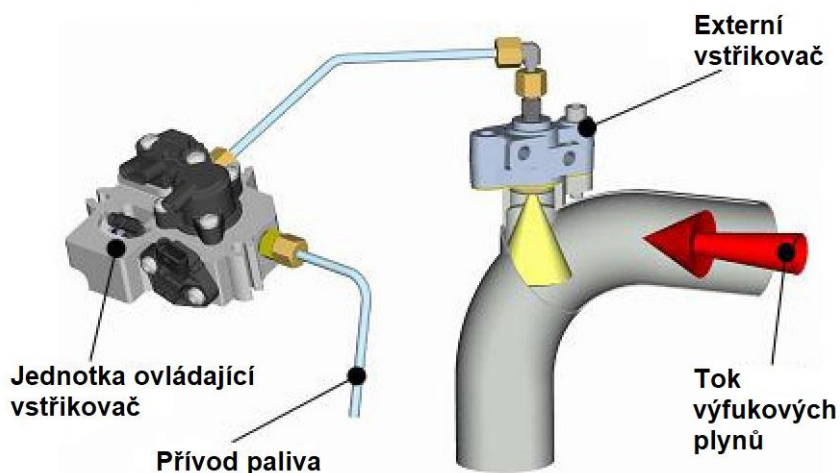
Obr. 4.5 Systém DPF bez aditiv [25]

4.5.3 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC S EXTERNÍM VSTŘIKOVAČEM

Nejsložitějším a výrobně nejnákladnějším systémem DPF s dieselovým motorem je filtr pevných částic s externím vstřikovačem. Tento typ filtru se používá převážně u vozů, u nichž není blízko motoru dostatek místa pro montáž filtru pevných částic. K zahřívání výfukového potrubí zde dochází obdobně jako v předchozích typech filtrů pevných částic (zvýšení zátěže motoru za snížení termodynamické účinnosti). Vznícení pevných částic je dosaženo nikoli pomocí tepla spáleného paliva z dodatečného vstřiku, ale pomocí externího vstřikovače (zplynovače), který je namontován na těle filtru pevných částic. Díky tomu, že je palivo vstřikováno přímo do těla filtru, nedochází k ulpívání paliva na stěnách válce. Toto řešení tedy eliminuje negativní důsledky dodatečného vstřiku, tj. ředění motorového oleje palivem. Systém DPF s externím vstřikovačem se běžně používá u moderních dieselových motorů automobilek Toyota, Renault a Ford. [7] [8]

Řešení filtru pevných částic s externím vstřikovačem je z výše zmíněných typů nejšetrnější a nejméně zatěžuje běh motoru. Potřebné teploty pro vznícení pevných částic uvnitř filtru pevných částic se dosahuje vcelku jednoduše a nedochází ke ztrátám tepla při průchodu proudů výfukových plynů výfukovým potrubím. Zároveň se však jedná o nejsložitější provedení filtru pevných částic, což zvyšuje náklady na servis systému v případě poruchy. Riziko poruchy systému DPF s externím vstřikovačem je vyšší oproti ostatním systémům DPF kvůli velkému

počtu komponent obsažených v tomto konstrukčním řešení. Použití uvedeného řešení filtru pevných částic s externím vstřikovačem většinou vyžaduje montáž dvou oxidačních katalyzátorů, samostatné vedení a kabeláž externího vstřikovače. V neposlední řadě je ve většině případů nutná montáž i samostatného vstřikovací čerpadla pro externí vstřikovač. [7] [8]



Obr. 4.6 Princip funkce systému DPF s externím vstřikovačem [26]

4.5.4 NEŘÍZENÝ FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC

Filtr pevných částic s neřízeným systémem je nejméně používaným a nejméně rozšířeným typem filtru pevných částic, ačkoli konstrukce tohoto filtru patří k nejjednodušším. Tělo filtru obsahuje pouze porézní vložku, které má za úkol zachytit neškodlivější a největší pevné částice výfukových plynů procházejících filtrem. Účinnost filtru se pohybuje okolo 30 – 70 % a při provozu vozidla vybaveného tímto filtrem pevných částic na krátké trasy se jeho účinnost blíží nule. Regenerace u sledovaného typu filtru probíhají naprosto neřízeně. K regeneraci dojde pouze při určitém zatížení motoru a za podmínky, že teplota spalin uvnitř filtru se rovná teplotě vznícení pevných částic. Prakticky lze říci, že k regeneraci často nedochází, protože bez dodatečného vstřiku lze teploty potřebné pro vznícení pevných částic dosáhnout jen velmi obtížně. V případě, že regenerace proběhne, tak ke kompletnímu spálení pevných částic uvnitř filtru nikdy nedojde. Některé filtry pevných částic s neřízeným systémem obsahují obtok (bypass), který umožňuje volný průchod nefiltrovaných výfukových plynů v případě, že dojde k jeho zaplnění a nedojde k regeneraci. Z tohoto důvodu lze považovat jeho použití za zbytečné. Filtr pevných částic s neřízeným systémem se vyskytuje u starších osobních a nákladních vozů, kde byl filtr montován dodatečně. Například vozidla, která splňují dnes již nevyhovující starší emisní normy, jsou dodatečně vybavována filtrem pevných částic s neřízeným systémem, aby mohla být provozována na území, kde platí novější emisní normy. Konkrétně je možné se s tímto typem filtru pevných částic setkat u vozidla Subaru Legacy 2.0 D s rokem výroby 2008/2009. [7] [8]

Uvedený typ filtru pevných částic je kvůli své nízké účinnosti považován za typ filtru nejvíce zatěžující okolní prostředí. Vzhledem ke své jednoduché konstrukci je ovšem naprosto

spolehlivý. Nevyžaduje použití žádných snímačů a čidel. Na rozdíl od ostatních řešení filtru pevných částic ho lze dodatečně namontovat. Nezátěží motor a vzhledem k tomu, že při jeho použití nedochází k dodatečnému vstřiku paliva, nehrozí ani problém ředění motorového oleje palivem popsany výše. Jeho životnost je prakticky stejná jako celého vozidla. Při použití filtru pevných částic s neřízeným systémem nevznikají při provozu žádné další náklady na provoz a servis. [7] [8]

4.6 PLNĚNÍ EMISNÍCH LIMITŮ A ŽIVOTNOST FILTRU

S výjimkou neřízených filtrů pevných částic, jak je uvedeno shora, dosahuje účinnost moderních filtrů pevných částic při jejich správné funkci až 99 %. U motorových vozidel se životnost filtru pevných částic liší u každého výrobce. Některé zdroje uvádí, že životnost filtru pevných částic dosahuje u motorových vozidel 80 000 – 120 000 km, nicméně u osobních vozidel může být běžné rozpětí 160 000 – 200 000 km. Životnost filtrů pevných částic u užitkových vozidel a dodávek do hmotnosti 3,5 t je ještě vyšší než u osobních vozidel (přibližně 200 000 – 300 000 kilometrů). U nákladních vozidel a autobusů s hmotností nad 3,5 t životnost filtrů pevných částic dosahuje dokonce až 500 000 km. Nicméně filtr pevných částic u těchto vozidel má odlišnou konstrukci vložky filtru, která takto vysoký nájezd umožňuje. [2] [4] [5] [7] [8] [16]

Každý z výše uvedených konstrukčních řešení filtrů pevných částic má své kladné i záporné stránky. Z hlediska ekologie provozu jsou uvedena řešení, kromě neřízeného systému DPF, rovnocenná. S ohledem na ekonomiku provozu se jeví jako nejúspěšnější systém DPF bez aditiv.

5 PORUCHY A OPRAVY DPF SYSTÉMU

Porucha filtru pevných částic má jen zřídka příčinu ve filtru samotném. Většinou jde o poruchy nějaké komponenty na voze, která funkci filtru ovlivňuje. [10]



Obr. 5.1 Filtr pevných částic s nevratně poškozenou vložkou filtru [27]

5.1 FAKTORY ZPŮSOBUJÍCÍ PORUCHY DPF SYSTÉMU

Významným faktorem ovlivňující životnost a funkci filtru pevných částic je jízdní režim. Záleží, na jakých trasách byl vůz provozován a jak bylo s vozem zacházeno. Správná funkce filtru pevných částic závisí na přesných údajích z mnoha snímačů a čidel monitorující stav nejen výfukového potrubí, ale také vstřikovací soustavy motoru apod. Jde především o čidla snímající diferenční tlaky a teploty. Nesprávná funkce těchto čidel patří mezi nejčastější problémy způsobující poruchy systému DPF. Nesprávnou funkci snímače diferenčních tlaků může zapříčinit nejen poškození samotného snímače, ale také nelineárně rostoucí hodnoty na jeho výstupu. Nelinearita jeho výstupních hodnot může být způsobena netěsností na tlakovém vedení čidla, např. uvolněnou tlakovou hadicí. I malá odchylka hodnot či posunutí měřeného pásma může způsobovat nesprávnou funkci filtru pevných částic a tím také to, že regenerace neproběhne. Nesprávná funkce čidla teploty na filtru pevných částic může vést k tomu, že k regeneraci docházet vůbec nebude, neboť řídicí jednotka vozu se bude domnívat, že ideální teploty k regeneraci nebylo dosaženo, i když opak může být pravdou. Odhalení těchto poruch je i se správným diagnostickým vybavením velmi náročné. [10]

Mezi další komponenty vozu ovlivňující správný chod systému filtru pevných částic může patřit oxidační katalyzátor, který ovlivňuje správné hoření dodatečně vstřikovaného paliva, lambda sonda nacházející se na výfukovém potrubí, snímač hodnoty nasávaného vzduchu důležitý také pro správný chod turbodmychadla, EGR ventil, turbodmychadlo, a již zmíněný termostát chladicí soustavy motoru. Odhalení přesné příčiny problému systému DPF vyžaduje drahé diagnostické vybavení a zkušeného automechanika, který dokáže odhalit porušení vzájemných dějů v motoru mezi jednotlivými komponenty. [10]

Provozování vozidla na delší trasy, kdy může dojít k regeneraci, jednoznačně přispívá k zachování životnosti filtru pevných částic. Průběh regenerace u většiny vozů není viditelný, protože nedisponují kontrolkou oznamující průběh regenerace. Průběh regenerace je ovšem možné vysledovat pomocí palubního počítače vozu zobrazující aktuální spotřebu motoru. Jestliže spotřeba při stejném zatížení skokově vzroste, regenerace filtru pevných částic pravděpodobně probíhá. Pro její kladný průběh je vhodné udržovat motor ve středním zatížení a zároveň se vyvarovat zvyšování nebo snižování otáček motoru. Jakmile se spotřeba opět vrátí do původní hodnoty, lze usuzovat, že regenerace již skončila. Pokud řidič zjistí, že regenerace probíhá, měl by se snažit, aby se úspěšně dokončila, pokud mu to dopravní podmínky dovolují. Například prodloužit zamýšlenou trasu, na které se regenerace stihne dokončit. Zabráním tím koloběhu událostí, které následují po několika neúspěšných regeneracích popsanych výše. U systémů filtrů pevných částic bez aditiv dochází k nadměrnému ředění motorového oleje palivem díky dodatečnému vstřiku nutnému pro regeneraci. Současně se tím zkracuje životnost filtru pevných částic. Z tohoto důvodu se doporučuje používat kvalitní motorové oleje, které poskytnou vysoké mazací vlastnosti i při těchto dějích, nebo oleje s nízkou produkcí popela (Low SAPS oleje). Také tankováním kvalitního paliva je možné životnost filtru pevných částic prodloužit. Všechny poruchy součástí dieslového motoru s filtrem pevných částic mohou mít následný vliv na systém DPF, proto je vhodné všechny poruchy řešit neprodleně. [10] [11]

5.2 OPRAVA SYSTÉMU DPF

Existuje několik možných řešení oprav již poškozeného filtru pevných částic.

Nejkvalitnější a nejrychlejší metodou opravy filtru pevných částic v případě, že nelze obnovit jeho filtrační kapacitu, je jeho výměna za nový originální filtr. Bohužel cena originálních filtrů pevných částic často několikanásobně převyšuje cenu neoriginálních filtrů pevných částic (úspora činí 10 – 70 % a je odvislá od typu vozu a značky). Z tohoto důvodu je mnoha vlastníky automobilů s poškozeným filtrem pevných částic tato metoda využívána jen zřídka. Kvalita a filtrační schopnosti neoriginálních filtrů pevných částic jsou však často mnohem menší oproti originálním filtrům pevných částic, proto se nedoporučuje na kvalitě této komponenty šetřit. Většina nových filtrů pevných částic (originálních i neoriginálních) neobsahuje snímače teploty a diferenčních tlaků a k ceně opravy vozu je nutné připočítat i jejich cenu. Ve většině případů není možné opakované použití snímačů z poškozeného filtru pevných částic, ať už kvůli špatné funkci nebo kvůli tomu, že při jejich demontáži z poškozeného filtru pevných částic dojde k jejich zničení. [12] [13]

Jestliže porézní struktura není nevratně poškozena, existuje několik metod, pomocí kterých lze obnovit průchodnost filtru prakticky na 100 %. Při poškození součásti vozu (například turbodmychadla) může dojít k zanášení struktury filtru pevných částic nespálitelnými zbytky paliva, které mohou způsobit nevratné poškození porézní struktury filtru (pevné částice se ve filtru rychle hromadí a filtr vyžaduje časté regenerace). V takovém případě není možné filtrační schopnosti obnovit a je nutné ho vyměnit. Obnovení průchodnosti filtru pevných částic je možné dosáhnout pomocí čištění jeho porézní struktury (komůrkové vložky). Dnes lze využít několik metod čištění filtru. Všechny metody bohužel vyžadují demontáž filtru pevných částic ven z vozu a pro některé metody čištění i demontáž čidel na filtru pevných částic. [12] [13]



Obr. 5.2 Zanesený filtr pevných částic [28]

Pokud jde o konkrétní způsoby čištění, v první řadě lze filtr pevných částic rozřezat, filtrační vložkou vyjmout a nechat ji vypálit v peci při teplotě přibližně 700 °C. Po spálení se filtrační vložka opět vloží do těla filtru a celek se svaří do původního stavu. Tato metoda vyžaduje velké množství dílenského vybavení a existuje riziko tepelného poškození vzácných kovů na vložce filtru a také mechanické poškození vložky filtru při jejím vyjmutí a vložení zpět. [12] [13]



Obr. 5.3 Vypalování filtru pevných částic v peci [29]

Další metodou čištění filtru pevných částic je čištění pomocí ultrazvukové čističky. Filtrační vložka není při této metodě vyjmuta z těla filtru a jako celek je filtr ponořen do speciální lázně ultrazvukové čističky. Díky síle ultrazvukového čištění dochází k čištění vložky filtru od usazenin. Následně je filtr vysoušen. Tato metoda disponuje nižší účinností na vysoce zanesené filtry pevných částic a existuje riziko poškození vložky filtru pevných částic ultrazvukovými vibracemi. [12] [13]



Obr. 5.4 Čištění filtru pevných částic v ultrazvukové čističce [30]

Filtry pevných částic lze čistit také používáním aditiv obsahujících složky, které by měly usnadnit kompletní vyhoření usazenin filtru při jeho regeneraci. Aditivum se aplikuje do nádrže vozidla, kde se smíchá s palivem. Účinnost této metody je však nízká a je použitelná pouze jako preventivní opatření proti zanášení filtru pevných částic. [12] [13]

Jako další metodu čištění filtru pevných částic je nutné zmínit metodu Advanpure. Principem čištění filtru je připojení filtru pevných částic ke speciálnímu hořáku, který vypaluje vložku filtru a zároveň dochází k protisměrnému vyfukování usazenin tlakovými vlnami pryč z filtru. Tato metoda je vysoce účinná, ale také velmi nákladná, protože vyžaduje velké množství speciálního vybavení. [12]



Obr. 5.5 Čištění filtru pevných částic pomocí metody Advanpure [31]

V neposlední řadě existuje metoda čištění vložky filtru pevných částic pomocí tlakové vody s příměsí přírodních enzymů. Vložka filtru opět zůstává uvnitř těla filtru pevných částic a celek filtru je při čištění umístěn do čistícího boxu. Po skončení samotného čištění dochází opět k vysoušení suchým vzduchem. Lze ho považovat za velmi neagresivní metodu čištění filtru pevných částic vhodnou pro prakticky všechny typy filtrů pevných částic a vyznačuje se vysokou účinností čištění. Zároveň je možné pomocí této metody vyčistit také katalyzátory. [12] [13]



Obr. 5.6 Čištění filtru pevných částic pomocí tlakové vody s příměsí enzymů [32]

5.3 ODSTRANĚNÍ DPF SYSTÉMU

Vzhledem k vysokým cenám jak originálních, tak i neoriginálních filtrů pevných částic, došlo také k rozvoji alternativní metody řešení problémů s filtry pevných částic, kdy je filtr pevných částic rozřezán, filtrační vložka vyjmuta, a svařen zpět do původního stavu. V takové chvíli vozidlo neobsahuje zařízení, které by zabráňovalo šíření nebezpečných pevných částic do ovzduší. Vozidlo rázem ztrácí technickou způsobilost a není možné ho na dopravních komunikacích provozovat. Aby motor vozu mohl dále spolehlivě pracovat, je použito speciální zařízení, tzv. emulátor, který se softwarově chová jako plně funkční filtr pevných částic bez jakékoli poruchy. Odhalení emulátoru je velmi náročné, a proto se pohybuje na dopravních komunikacích značné množství vozidel s takovými úpravami. [12]

Nejzávažnějším faktorem ovlivňujícím životnost systémů DPF je bezesporu jízdní režim. Nejvhodnější metodou čištění vložky filtru pevných částic je metoda Advanpure, která je velmi šetrná a účinná k struktuře vložky filtru.



Obr. 5.7 Filtr pevných částic s odstraněnou filtrační vložkou [33]

6 PROBLEMATICKÉ MOTORY S DPF

Za účelem ověření praktických potíží s filtry pevných částic a jejich odstraňováním bylo osloveno několik autoservisů, středisek odborných oprav systémů DPF včetně autorizovaných autoservisů. Pouze několik z nich však bylo ochotno sdělit jakékoli informace týkající se oprav vozidel s poruchou filtru pevných částic a způsobů jejich řešení. Autorizované servisy odmítly podávat jakékoli informace o opravách vozů, které jsou stále v záruční době. Bližší informace poskytují pouze majitelům vozů, které nejsou již v záruční době.

6.1 NEZÁVISLÝ AUTOSERVIS TOP CAR SERVICE BLANSKO SPOL. S R.O.

Servisem, který byl ochoten shora uvedené otázky konzultovat, byl v první řadě Top Car Service Blansko spol. s r.o. Jedná se o menší autoservis nacházející se v centru okresního města Blanska. Specializuje se na kompletní opravy vozidel, diagnostiku řídicích systémů, pneuservis, montáže LPG pohonů a mnoho dalších služeb. Autoservis navštěvují zákazníci jak s ojetými, tak s novými vozy. Dle sdělení autoservisu:

Nelze stanovit objektivní pohled, kterých vozů se poruchy filtrů pevných částic týkají nejvíce. V této lokalitě a obecně v České republice se mezi ojetými vozy vyskytuje nejvíce vozů značky Škoda. Konkrétně jde o vozy Škoda Octavia druhé a třetí řady s dieslovými motory.

Taktéž nelze stanovit nejvíce poruchovou motorizaci, neboť problémy s filtry pevných částic se vyskytují průřezově u všech typů dieslových motorů disponujících filtrem pevných částic. Nicméně lze zmínit například motorizaci 2.0 TDI-CR s výkonem 140 koní a také 2.0 TDI-PD s výkonem 170 koní který je možné nalézt ve sportovnějších vozech typu Octavia RS. Mezi dalšími značkami vozů s problémy systému DPF se zřídka vyskytují vozy Ford Mondeo čtvrté řady a Ford S-Max s motorizacemi 2.0 TDCI a 2.2 TDCI. Ojedíněle se vyskytují i vozy jako například BMW X5 druhé řady.

Mezi nejdůležitější aspekty ovlivňující poruchy vozů s dieslovými motory a filtrem pevných částic patří dle autoservisu způsob použití vozu, konkrétně na jakých trasách je vůz provozován – zda na delších trasách, kdy dojde k zahřátí motoru na provozní teplotu a posléze k pravidelné regeneraci nebo na kratších trasách, kde motor nedosáhne provozní teploty ani nedojde k regeneraci. Zároveň je zmíněn způsob jízdy s vozidlem ihned po startu motoru. Pokud je motor provozován ve vysokém zatížení, aniž by dosáhl provozní teploty, ihned po startu motoru opět může docházet k negativním dopadům na systém DPF. Toto jsou nejdůležitější faktory ovlivňující vznik poruchy systému filtru pevných částic zmíněné autoservisem.

Jakmile dojde k vyhodnocení poruchy a je nutné samotný filtr pevných částic vyměnit za jiný, je dle autoservisu nejvhodnějším řešením poruchy výměna poškozeného filtru pevných částic za originální filtr pevných částic. Dle zkušeností autoservisu použití neoriginálního filtru pevných částic vede k jen k další poruchám a nesprávnému chodu motoru. Vůz se tedy do nekonečna vrací zpět do autoservisu kvůli řešení problémů spojených s neoriginálním filtrem pevných částic, které se permanentně nedaří vyřešit. Byly zmíněny například problémy se vstřikovacím systémem vozu, který začal nesprávně pracovat ve spojení s neoriginálním filtrem pevných částic. Podle všeho šlo o celkově nekvalitní filtr pevných částic. Po několika návštěvách autoservisu zákazník raději investuje do bezproblémového originálního filtru

pevných částic, který poruchu vyřeší, a vozidlo dále spolehlivě pracuje. Existuje případ, kdy zákazník požadoval na vozidle Volkswagen Sharan 2.0 TDI výměnu filtru pevných částic za neoriginální. Cena originálního filtru pevných částic se u tohoto vozu pohybuje okolo 30 000 Kč. Zákazník zvolil neoriginální náhradu filtru pevných částic původem z Polska s cenou přibližně 8 000 Kč s vidinou ušetřené hodnoty. Když nastaly výše zmíněné problémy motoru, bylo rozhodnuto vyměnit stávající filtr opět za jiný neoriginální filtr pevných částic, tentokrát původem z Německa za přibližně 12 000 Kč. Problémy vozu se ovšem nepodařilo zdárně vyřešit, a nakonec došlo k výměně filtru pevných částic za originální bezproblémový filtr. Tím se náklady vyšplhaly na úroveň ceny originálního filtru pevných částic. Z tohoto důvodu autoservis vždy preferuje montáž originálního filtru pevných částic i přes jeho vysokou cenu, a to i doporučuje zákazníkům. Zároveň bylo zmíněno, že na výslovné přání zákazníka při montáži neoriginálního filtru pevných částic, zákazník ztrácí právo reklamace na takovýto filtr z prostého důvodu, že autoservis nemůže zaručit bezproblémový chod vozu. Počet zákazníků, kteří volí tuto možnost opravy spíše klesá.

Další možností opravy filtru pevných částic je nechat jej odborně rozebrat. Filtr pevných částic je vymontován z vozu, dopraven do odborného střediska opravy, kde dojde k jeho obnovení průchodnosti a funkce. Některé typy filtrů pevných částic rozložení a obnovu funkce neumožňují, ať už kvůli jeho stavu, nebo z konstrukčních důvodů. Dále jsou zmíněny náklady spojené s dopravou filtru pevných částic a také fakt, že po vymontování filtru pevných částic se stává vozidlo nepojízdným a po dobu opravy filtru pevných částic vůz zůstává v autoservisu. Tímto tedy buď zabírá místo na hydraulickém zvedáku nebo je mechanik nucen vozidlo z dílny vytlačit, aby vytvořil místo pro jiný vůz. Samozřejmě všechny tyto náklady musí zákazník uhradit, a i přesto není záruka, že po opravě filtru bude zaručen dlouhodobý bezproblémový provoz. Proto autoservis tuto metodu příliš nepropaguje a snaží se zákazníkům nabídnout raději výměnu za originální filtr pevných částic, jak bylo uvedeno výše.

Například u výše uvedeného vozu BMW X5 s dieselovými motory nelze provést demontáž filtru pevných částic zespodu vozu pouze s použitím hydraulického zvedáku a případné demontáže spodních krytů podvozku. U uvedeného typu vozidla je nutné nejprve demontovat motor a teprve pak je možné demontovat samotný filtr pevných částic skrz motorový prostor vozu. Náklady na provedení demontáže a montáže motoru zpět jen navyšují celkovou cenu opravy.

6.2 NEZÁVISLÝ AUTOSERVIS RENÉ SLOUK – RS SERVIS BLANSKO

Informace dále poskytl René Slouk - RS Servis Blansko. Autoservis se nachází v centru okresního města Blanska. Jde o středně velký autoservis zaměřující se na opravy vozidel, kompletní diagnostiku elektronických systémů vozidel, pneuservis, chiptuning BSR a mnoho dalších služeb. S diagnostikou vozidel mají dlouhodobé zkušenosti a mnoho zákazníků se k nim rádo vrací. Tým autoservisu provádí svoji práci velmi precizně a pečlivě. Dle vyjádření autoservisu:

Mezi vozy s poruchou systému DPF, s nimiž se autoservis často setkává, patří Škoda Octavia druhé a třetí generace. Typickým představitelem skupiny těchto vozidel je bezesporu Škoda Octavia RS 2.0 TDI-PD s rokem výroby 2008.

Již od výroby tohoto vozu bylo jasné, že vstřikovací systém PD (čerpadlo-tryska) nebude schopen spolehlivě pracovat se systémem DPF. Vstřikovací systémy PD jednoduše nejsou schopny potřebné mechanické pružnosti pro jejich správné fungování se systémem DPF. Běžný vstřikovač typu Common-Rail během jedné vstřikovací dávky vstřikuje ve skutečnosti několik dávek paliva. Kdy by bylo možné se na proces vstřikování podívat zpomaleně v časové ose, bylo by zřejmé, že ve skutečnosti vstřikovač vstřikne prvně tzv. předvstřik (podílející se na přehřátí válce motoru), dále hlavní vstřik (tento vstřik tvoří hlavní výkon motoru) a poté tzv. post-vstřik (právě tento vstřik je využíván pro procesy regenerace u systému DPF). U starších Common-Rail vstřikovacích systémů se jeden vstřik sestává z těchto několika dílčích vstřiků (např. každý z uvedených dílčích vstřiků jednou). U moderních Common-Rail vstřikovacích systémů se může těchto dílčích vstřiků vyskytnout celkem až např. dvanáct (každý po třech). Právě tohoto procesu vstřikování nejsou mechanické vstřikovací systémy (PD) schopny a z tohoto důvodu nejsou vhodnou kombinací se systémem DPF. Výše zmíněná vozidla pak vydrží v provozu až 200 000 kilometrů bez výrazných poruch systému DPF, za předpokladu, že jsou provozována na trasách, kde regenerace může opakovaně a úspěšně probíhat. Právě tato hranice 200 000 kilometrů je považována za konečnou životnost filtru pevných částic. Z tohoto důvodu se většina majitelů svých ojetých vozů zbavuje právě v době, kdy se nájezd jejich vozidel blíží této hodnotě.

Filtry pevných částic se provozem postupně nevratně zaplňují (při správném provozu přibližně do hranice 200 000 kilometrů). Obnovení jejich průchodnosti pak není možné pouhou regenerací, ale je nutné je buď vyčistit (pokud to jejich stav dovoluje) anebo vyměnit. Vozidla provozovaná v městském provozu úspěšné regenerace nemusí nikdy dosáhnout, a z tohoto důvodu může životnost filtru činit pouhých např. 50 000 kilometrů. Řídicí jednotka na nevratné zaplnění filtru reaguje uvedením vozidla do nouzového režimu, a pak už nezbývá nic jiného než vozidlo dopravit do autoservisu.

Dle názoru autoservisu kvalita vozidel obecně klesá. Kvůli všem regulacím ohledně škodlivosti částic, a tedy používáním filtrů pevných částic a dalších systémů, roste cena automobilů. Zákazník by ovšem konečnou částku nebyl ochoten zaplatit a z toho důvodu je na kvalitě určitých komponent ubráno.

Mezi další často vyskytované vozy s poruchou DPF systému lze zařadit obecně japonské vozy. Patří sem např. vozy Mazda 6 s motory DI-D, které také často trpí poruchami systému DPF. Ojedinelé se vyskytují v autoservisu i francouzská vozidla, např. vozy Peugeot HDI.

Pokud technický stav filtru pevných částic dovoluje jeho čištění je vhodnou volbou jej nechat vyčistit. Naopak v případě jeho nevratného poškození je nutná je výměna za originální filtr pevných částic a nikoli neoriginální. Byl zmíněn případ, kdy na přání zákazníka byl na vůz namontován neoriginální filtr pevných částic. Vzápětí vůz podstoupil emisní kontrolu, kde neprošel, i přestože se jednalo o nový filtr pevných částic. Neoriginální filtr pevných částic propouštěl nadlimitní hodnoty pevných částic, kvůli čemuž vůz neprošel emisní kontrolou. Dle autoservisu, neoriginální filtry pevných částic jsou levnější především kvůli nízké kvalitě struktury, neobsahují drahé kovy vůbec, nebo jen v malém množství a zjednodušeně nesplňují nutné parametry pro jejich bezproblémový chod. Například cena originálního filtru pevných částic pro zmíněný vůz Škoda Octavia RS se pohybuje kolem 20 000 Kč. Cena čištění filtru zároveň s neoriginálním filtrem se pohybuje kolem 10 000 Kč. Vždy záleží na ochotě zákazníka investovat do opravy vozidla. U vozu Mazda 6 se cena originálního filtru pevných částic pohybuje kolem 50 000 Kč. V takovém případě, pokud to stav filtru dovoluje, zákazník v naprosté většině zvolí metodu čištění filtru pevných částic.

Při výměně filtru pevných částic za nový se periferie – snímače použijí staré, pokud jsou v pořádku, nebo vymění také za nové. Výjimku tvoří snímač diferenciálního tlaku, ten doporučuje autoservis vyměnit vždy za nový.

Pokud je filtr pevných částic tzv. čistě kalný – vložka filtru pevných částic není popraskaná, ani není zapečená olejem, je možné jej vyčistit. Autoservis využívá dva způsoby čištění – mokré (pomocí tlakové vody s přírodními enzymy) a suché čištění (vypálení v peci). Mokré čištění autoservis vysloveně nedoporučuje, neboť po jeho čištění je nutné filtr nechat dokonale vyschnout. V případě, že dokonale nevyschne hrozí, že zbytky čisticí kapaliny se začnou vypařovat a doslova roztrhnou vložku filtru pevných částic a tedy ji nenávratně zničí. Suché čištění je oproti tomu mnohem bezpečnější metoda čištění filtru. Vyžaduje bohužel vyjmutí vložky filtru pevných částic z těla filtru a následně je pulzním prouděním horkého vzduchu vyčištěna na prakticky 100 % průchodnost. Další používané neodborné metody čištění filtru pevných částic jako např. aditiva přidávaná do nádrže vozidla pouze snižují teplotu vznícení pevných částic zachycených na vložce filtru.

Názor autoservisu na statickou regeneraci je velmi negativní. Dle autoservisu ve většině případů hrozí riziko kompletního shoření vozu, kdy není možné jej jakkoli uhasit. Pouze koncernové vozy (např. vozy Škoda) umožňují tzv. dynamickou regeneraci, kdy je regenerace nuceně spuštěna až tehdy, kdy je vozidlo v pohybu a má ideální podmínky pro průběh regenerace.

Nakonec byl zmíněn problém týkající se vozidel se systémy DPF bez aditiv. Při opakovaně neúspěšných regeneracích filtru dochází k významnému ředění motorového oleje palivem. Hladina motorového oleje může značně narůstat, až dosáhne hodnoty, kdy dojde k nasátí motorového oleje přes odvzdušňovací otvor klikové hřídele do sacího ústrojí motoru. V takovém případě motor vozidla začne neřízeně zrychlovat a nelze jej zastavit, dokud všechen olej nevyhoří. Typicky k tomuto procesu může dojít při vysokých rychlostech např. na dálnicích. Existuje nemalé množství řidičů, který tento zážitek absolvovali a popisují pocity, kdy vozidlo doslova vystřelilo bez možnosti rychlost vozu jakkoli ovlivnit. V takové chvíli nepomůže ani motor vypnout a téměř vždy dojde ke kompletnímu zadření motoru. Motor se doslova utočí a většinou řidič v panice při brzdění spálí brzdový systém vozu nebo například spojku vozu.

7 PŘÍKLADY KONKRÉTNÍCH ŘEŠENÍ

V rámci praktické části této bakalářské práce budou popsána tři konkrétní konstrukční řešení filtru pevných částic, a to u vozidel značky Ford Galaxy, Opel Corsa a Hyundai Santa Fe. Tato tři vozidla byla zvolena záměrně kvůli odlišné montážní poloze systému DPF a dostupnosti při zpracování praktické části této práce. U dvou z těchto tří vozidel se vyskytla během provozu porucha systému DPF – přesněji u vozidla Ford Galaxy a Hyundai Santa Fe. V následující části bude popsán typ filtru pevných částic u každého z vozidel. U vozidel s poruchou systému DPF bude vylíčen schématický postup při odstraňování jejich závady.

7.1 FORD GALAXY

Vozy Ford Galaxy a S-Max (vyráběné v letech 2006 – 2015), a Mondeo (vyráběné v letech 2007 – 2014) jsou od výrobce vybaveny systémem DPF bez aditiv. Tyto vozy byly montovány s dieselovými motory např. 2.0L Duratorq-TDCI s výkonem 130 koní a 2.2L Duratorq-TDCI s výkonem 175 koní. Tento konkrétní systém DPF obsahuje filtr pevných částic umístěný na výfukovém potrubí přibližně ve středu vozu. Oxidační katalyzátor se vyskytuje v podobě samostatného zařízení umístěného blíže k motoru. Tato vozidla nejsou vybavena kontrolkou signalizující průběh regenerace, ani varovnou kontrolkou závady výfukového systému.

U sledovaného vozu Ford Galaxy se vyskytla porucha systému DPF s následujícími projevy:

V první řadě byla na displeji palubního počítače opakovaně zobrazována informační zpráva „Service oil“. Zpráva informuje řidiče vozidla, že je nutné co nejdříve motorový olej vyměnit za nový. Zpráva upozorňuje nejen na blížící se periodickou výměnu oleje, ale také na možnou poruchu systému filtru pevných částic. Zobrazuje se opakovaně po přibližně 800 kilometrech od jejího smazání v palubním počítači. Ke smazání informační zprávy je nutné sešlápnout a držet brzdový a plynový pedál, poté otočit klíčem do druhé polohy zapalování. Po přibližně 30 vteřinách se na displeji palubního počítače zobrazí zpráva informující řidiče o resetování intervalu informační zprávy výměny oleje. Interval 800 km přibližně odpovídá úsekům, kdy se vozidlo pokusí o regeneraci filtru pevných částic.

Druhým projevem poruchy systému filtru pevných částic byla zvýšená kouřivost z výfukového systému vozidla, z čehož bylo zřejmé, že nedošlo k zachycení tmavých sazí v těle filtru pevných částic.

Prvotní domněnka příčiny poruchy byla, že k regeneraci v tomto případě u vozu nedojde anebo regenerace započne, ale úspěšně se nedokončí. Neúspěšná regenerace vede k zobrazování informační zprávy a koloběh se neustále opakuje. Podmínky pro kladný průběh regenerace

u vozů Ford jsou velmi striktní a jestliže nejsou všechny splněny, regenerace neproběhne. Aby k ní mohlo dojít, je nutné vůz provozovat v tzv. dálničním režimu. Vozidlo se musí pohybovat rychlostí 80 až 120 kilometrů za hodinu po dobu nejméně 5 minut. Zároveň musí být motor zahřátý na provozní teplotu, při níž teplota chladicí kapaliny dosahuje ideální provozní teploty (u tohoto vozu 90 °C). Je obecně známo, že dieselové motory ve srovnání s benzínovými mají vyšší účinnost. Ta vyjadřuje také charakteristickou vlastnost dieselových motorů, a to pomalé ohřívání chladicí kapaliny zejména při nižších okolních teplotách. Dieselový motor pracuje s vyšší účinností, protože předává do chladicí kapaliny méně energie

ve formě tepla. Teplo z ohřáté chladicí kapaliny se u automobilů využívá k topení v kabině vozu. Zejména v zimních měsících roku lze vysledovat velmi pomalý nárůst teploty chladicí kapaliny, jestliže je od vozidla požadována co nejvyšší teplota topení v kabině vozu. Tento fakt také může způsobovat, že pokud je dieselový motor provozován na kratší vzdálenosti, při kterých se optimální teploty chladicí kapaliny nedosáhne, regeneraci nezahájí. Dalo by se říci, že kvůli tomu systém DPF v zimních měsících roku trpí více než v letních. Při provozu bylo vysledováno, že v zimních měsících roku, pokud teplota chladicí kapaliny dosáhne optimální teploty krátce po startu vozidla a bude spuštěno topení vozu, může dojít k poklesu teploty chladicí kapaliny pod optimální teplotu kvůli odebíranému teplu pro topení. Jestliže je v této chvíli spuštěna regenerace filtru pevných částic, bude přerušena.

Ve spojitosti s poruchou systému DPF a výše uvedeným problémem ohřívání chladicí kapaliny bylo sděleno nezávislým autoservisem vozů Ford, že již několikrát došlo na některých vozech k chybné výměně termostatu chladicí soustavy. Autoservis se domníval, že termostat chladicí soustavy nedostatečně nebo vůbec nepropouští chladicí kapalinu. Kvůli tomu může docházet k přehřívání nebo naopak k pomalému ohřívání chladicí kapaliny, což má negativní dopady na průběh regenerace. Autoservisu se však nepodařilo odstranit poruchu systému DPF, neboť konkrétně vozy Ford Galaxy, S-Max, Mondeo vybavené filtry pevných částic jsou na podmínky ideální teploty chladicí kapaliny pro zahájení regenerace velmi choulostivé a jsou zásadně ovlivňovány vnějšími klimatickými podmínkami. Ani výměna termostatu chladicí soustavy poruchu systému DPF neodstranila.

V dalším kroku řešení poruchy systému DPF u tohoto vozu byl nicméně prvotní předpoklad příčiny poruchy vyvrácen. Vozidlo bylo připojeno k diagnostickému zařízení a zjištěno, že poslední ujetá vzdálenost od pokusu o regeneraci byla 165 km. Tato hodnota je shodná s ujetou vzdáleností od poslední úspěšně proběhnuté regenerace.

Z uvedeného výsledku vyplývá, že dle řídicí jednotky motoru poslední regenerace proběhla úspěšně, ale fakticky nadále přetrvávala závada filtru pevných částic. Domněnka o neprovedené nebo částečně provedené regeneraci tak byla chybná. K regeneraci filtru pevných částic pravděpodobně docházelo, ale vzhledem k viditelnému znečištění výfukové koncovky od sazí bylo zřejmé, že filtr byl poškozený. Nespálené saze na výfukové koncovce indikují přítomnost pevných částic za filtrem pevných částic, kde by se při jeho správné funkci neměly objevovat. Lze tedy předpokládat, že vložka filtru pevných částic byla nevratně poškozena a docházelo k netěsnosti při průchodu výfukových plynů. Pouze část pevných částic přítomných ve výfukových plynech procházela vložkou filtru a byla zachycena. Zbytek pevných částic procházel filtrem bez zachycení, a proto došlo k viditelnému znečištění výfukové koncovky sazemi.

Další vyčtenou hodnotou bylo sedm neúspěšných regenerací od poslední úspěšně provedené regenerace. Tato hodnota může odrážet provoz vozidla v nevhodném režimu – krátké trasy.

Poslední změřenou hodnotou byl rozdíl tlaku na filtru pevných částic (mezi vstupem a výstupem DPF), která je rovna nule – nulový odpor vložky filtru proti výfukovým plynům (u správně vyčištěného filtru pevných částic by se tato hodnota měla pohybovat kolem 10 mBar). Nulová hodnota pravděpodobně znamená, že snímač diferenčních tlaků mezi vstupem a výstupem z filtru není schopen hodnoty změřit z důvodu netěsnosti vložky filtru, a tedy jejího poškození. Tento fakt může podpořit závěr o reálném poškození vložky filtru.

Pokud jde o konkrétní způsob řešení problému systému DPF u uvedeného vozu, bylo v první řadě použito aditivum DPF Cleaner & Regenerator od společnosti Millers Oils, které se aplikuje do palivové nádrže vozidla. Nádoba s obsahem 500 ml dokáže ošetřit přibližně celou nádrž paliva (70 litrů). Nicméně aditivum řeší pouze důsledky poruchy, a to jen krátkodobě. K zobrazení informační zprávy nedošlo po dobu přibližně 2000 kilometrů od použití aditiva do nádrže vozu. Lze tedy předpokládat, že aditivum pomáhá k průběhu regenerací, avšak jen po určitou dobu. Za možné příčiny poruchy systému filtru pevných částic lze považovat samotná čidla systému filtru pevných částic, systém recirkulace spalin neboli EGR ventil, turbodmychadlo motoru (při poškozeném těsnění mezi ložisky a komorou kompresoru může docházet k prolínání oleje do nasávaného vzduchu a při spalování směsi paliva s olejem také k zanášení porézní struktury filtru a k jejímu nevratnému poškození), snímač hmotnosti nasávaného vzduchu, oxidační katalyzátor, jednotlivé vstřikovače paliva (a obecně vstřikovací systém), lambda sondu na výfukovém potrubí, případně i termostat chladicí soustavy a v neposlední řadě poškozený samostatný filtr pevných částic.

Možnou alternativou řešení poruchy regenerace do budoucna může být také tzv. statická regenerace filtru pevných částic, které je spuštěna manuálně po připojení vozu na diagnostické zařízení. Po jejím zahájení vozidlo nuceně spustí regeneraci filtru pevných částic a ta proběhne do konce. Nicméně tento krok vyžaduje specifické podmínky. Při statické regeneraci se totiž vozidlo nepohybuje a stojí na místě. Z tohoto důvodu se výfuková soustava včetně motoru neochlazuje proudem vzduchu při rychlosti vhodné pro regeneraci. V důsledku toho se výfuková soustava začne nadměrně zahřívat a v krajních případech hrozí až shoření celého vozu. Pro spuštění statické regenerace je dále nutné zajistit, aby motorový olej byl vyměněn nebo alespoň čerstvě po výměně. Zároveň je vhodné vyčkat na nižší venkovní teploty, které by přispěly k menšímu zahřívání výfukového systému. Ke snížení teploty zahřívané výfukové soustavy se používají vysoce výkonné ventilátory, které při statické regeneraci vozu vhánějí velké množství vzduchu pod vozidlo a ochlazují výfukovou soustavu. Ale bohužel ani tyto podmínky plně nenahrazují ideální podmínky při provozu vozu. Z těchto důvodů bude statická regenerace ponechaná až jako poslední možné řešení.

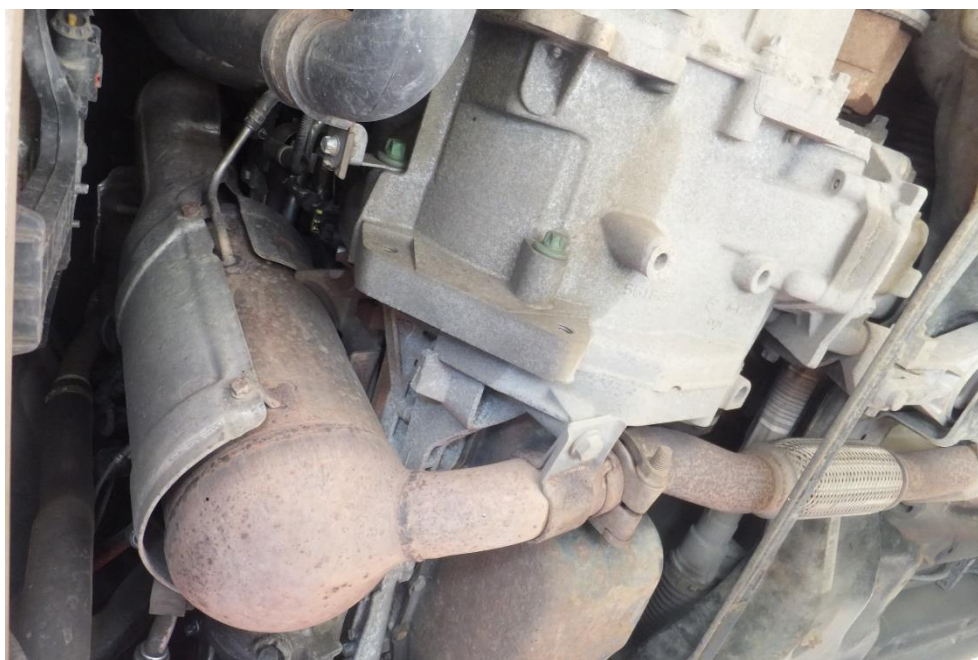


Obr. 7.1 DPF vozu Ford Galaxy, foto autor

7.2 OPEL CORSA

Vozy Opel Corsa (vyráběné v letech 2010 – 2014) s dieselovým motorem 1.3 CDTi a výkonem 100 koní jsou od výrobce vybaveny systémem filtru pevných částic bez aditiv. V tomto konstrukčním řešení systému DPF je uvnitř těla filtru pevných částic ukryt také oxidační katalyzátor. Celek DPF s oxidačním katalyzátorem se nachází na výfukovém potrubí prakticky přímo za motorem. Toto vozidlo opět není vybaveno kontrolkou signalizující průběh regenerace ani varovnou kontrolkou poruchy výfukového systému.

U tohoto konkrétního vozu závada systému DPF zatím nenastala.



Obr 7.2 DPF vozu Opel Corsa, foto autor

7.3 HYUNDAI SANTA FE

Vozy Hyundai Santa Fe po faceliftu (vyráběné v letech 2015 až dodnes) s dieselovým motorem 2.2 CRDi a výkonem 200 koní vybavil výrobce systémem DPF bez aditiv. Součástí těla filtru je opět jak oxidační katalyzátor, tak rovněž filtr pevných částic. Soustava filtru pevných částic s oxidačním katalyzátorem je umístěna na zadní straně motoru ve směru ke kabině vozu. Ani tento typ vozu nedisponuje kontrolkou oznamující průběh regenerace filtru pevných částic, nicméně je vybaven varovnou kontrolkou oznamující poruchu výfukového systému (systému DPF).

U tohoto konkrétního vozu se také vyskytla porucha systému DPF. Prvotním předpokladem poruchy systému DPF byl poškozený filtr pevných částic nebo snímače monitorující stav systému DPF.

Na prvotní projev poruchy systému DPF řidiče vozidla upozornila informační kontrolka palivového a emisního systému a posléze varovná kontrolka výfukového systému na displeji palubního počítače. Kontrolky upozorňují řidiče, že je nutné se s vozem co nejdříve dostavit do autorizovaného autoservisu.



Obr. 7.3 DPF vozu Hyundai Santa Fe, foto autor

Dalším projevem poruchy v mezidobí od výskytu informačních kontrolek (a tedy vzniku poruchy) do návštěvy autoservisu bylo automatické přepnutí vozidla do tzv. nouzového režimu. V tomto režimu je výkon motoru velice omezený a reakce motoru na plynový pedál je mdlá. Nouzový režim je určený pro nouzové dojetí vozidla do autoservisu, kde dojde k opravě poruchy. Pro opravu poruchy systému DPF bylo vozidlo dopraveno po vlastní ose do autorizovaného autoservisu Hyundai, kde vzhledem k pětileté záruce vozu autorizovaný autoservis neposkytl žádné bližší informace o původu ani detailech poruchy. Je možné pouze spekulovat o výrobní vadě filtru pevných částic či poškození některého z uvedených čidel a snímačů. V rámci záruky bylo vozidlo opraveno výměnou celku filtru pevných částic včetně oxidačního katalyzátoru a všech připojených snímačů diferenčních tlaků včetně snímačů teploty.



Obr. 7.4 Umístění DPF na voze Hyundai Santa Fe označený v červeném kruhu, foto autor

8 PERSPEKTIVA BUDOUCÍHO VÝVOJE DIESELOVÝCH MOTORŮ S DPF

Jak bylo shora podrobně uvedeno, filtry pevných částic byly zkonstruovány tak, aby napravily nedostatky diesellového motoru spočívající mj. v produkci pevných částic, samy ovšem nezřídka způsobují potíže. Nabízí se tedy otázka, zda by za účelem ochrany životního prostředí nebylo nejvhodnější diesellové motory (spalovací motory obecně) z užívání zcela vyloučit. Účinnost spalovacích motorů je relativně nízká (např. ve srovnání s elektromotory), navíc spalovací motory jsou závislé na zásobách fosilních paliv, které nejsou nekonečné. Realitou však zůstává, že diesellové motory jsou využívány jako pohonné jednotky v automobilech, nákladních a dopravních strojích a mají mnoho dalších aplikací. Pro většinu z těchto aplikací zatím neexistuje vhodná náhrada. Proto v tuto chvíli nezbývá, než diesellové motory neustále zdokonalovat a upravovat, aby se negativní dopady jejich použití, pokud možno snížily na minimum. Nezbytnou součástí jsou tak i prostředky, které zpřisňující se limity pomáhají diesellovým motorům plnit, a tedy je udržovat dále v provozu – filtry pevných částic.

Vzhledem k neustálému zpřisňování emisních limitů, je však pravděpodobné, že lidstvo dorazí do fáze, kdy již nebude možné diesellové motory nadále používat, a tedy je vyrábět. Z tohoto pohledu jsou spalovací motory do budoucna již nevyhovující koncept. Proto by bylo vhodné se zaměřit na jiné druhy pohonů a hledat jiné cesty. Například elektrické motory našly v automobilech širokého uplatnění ať už jako samotné elektromobily nebo jako různé typy hybridů (kombinace spalovacího a elektrického motoru). Mnoho automobilových výrobců zařadilo elektromobily do svojí nabídky vozidel a čím dál více řidičů začalo tyto vozy pořizovat pro jejich pozitiva (nízké provozní náklady, velký a okamžitý krouticí moment a především nízký dopad na životní prostředí). S neustále se navyšujícím počtem elektromobilů na dopravních komunikacích vzrostl také počet nabíjecích stanic, kde je možné akumulátory často bezplatně dobít (nákupní střediska, benzínové pumpy apod.). Mezi další alternativní pohony patří také spalovací motor na vodík. Spalovací motor na vodík se vyznačuje vyšší účinností než běžný benzínový motor. Bohužel proces tvorby vodíkového paliva je vysoce nákladný i přes velké množství zdrojů pro výrobu vodíkového paliva (výroba například z mořské vody). Jejich rozšíření v tuto chvíli limituje vysoká nákladnost. Z tohoto důvodu se mnoho automobilů poháněných vodíkem na dopravních komunikacích nepohybuje.

Obě výše uvedená řešení představují možnosti budoucího vývoje pohonných jednotek pro všechny možné aplikace. Jedině takto bude možné na planetě Zemi dále přebývat, aniž by docházelo k jejímu ničení.

ZÁVĚR

Jak již bylo uváděno, pro mnoho aplikací dieselové motory nemají v tuto chvíli vhodnou náhradu. Vzhledem k neustále se zpříšňujícím emisním limitům je nutné používat taková opatření, která by umožňovala bezpečné používání dieselových motorů. Z tohoto faktu vyplynula potřeba vytvořit zařízení určené k zamezení šíření pevných částic – filtr pevných částic.

Od roku 2010 a s příchodem emisní normy EURO 5 vznikla nutnost používání filtrů pevných částic u každého nového dieselového motoru. Konstrukce filtrů pevných částic od roku 2010 prošla velkou inovací a každý jednotlivý výrobce využívá určitý typ filtru pevných částic, který je vhodný pro konkrétní typ vozidla. Existuje několik typů filtrů pevných částic, a to systém DPF s i bez aditiv, systém DPF s externím vstřikovačem, a i neřízený systém DPF. Každý typ se liší odlišnou konstrukcí, počtem snímačů monitorujících provoz systému filtru pevných částic i cenou.

Nejběžněji používaným typem filtru pevných částic je systém DPF bez aditiv. Tento systém je používaný většinou výrobci automobilů. Filtr pevných částic sestává z porézní vložky filtru a těla filtru. Filtr pevných částic zachycuje škodlivé pevné částice na porézní struktuře vložky filtru. Průběžným zachytáváním pevných částic však dochází k ulpívání pevných částic na vložce filtru a je nutné filtr vyčistit, tzv. regenerovat. Tento proces spočívá ve spalení zachycených pevných částic na vložce filtru. Právě nezbytnost procesu regenerace je základním problémem filtrů pevných částic.

Systém DPF bez aditiv je spolehlivý, pokud jsou pominuty možné výrobní vady apod. Jeho životnost je v největší míře ovlivněna provozním režimem, tedy zejména jestli je vozidlo provozováno převážně na delších trasách, kde dojde k pravidelné regeneraci, či na krátkých trasách, kde k regeneraci nedojde. Proces regenerace se opakuje přibližně po 800 ujetých kilometrech, ale přesná hodnota se může u každého vozidla lišit. U stavebních a nákladních strojů může být udávána v počtu hodin, kdy byl motor v provozu. Jestliže k regeneraci opětovně nedojde nebo se úspěšně nedokončí, kumulují se pevné částice uvnitř vložky filtru, čímž se snižuje průchodnost filtru. Z tohoto faktu vyplývají negativní projevy poruchy systému DPF u dieselového motoru, jako jsou zvýšení spotřeby vozidla, zvýšená kouřivost a při opakovaně neproběhnuté regeneraci možné poškození filtru pevných částic. Při dalších souvisejících poruchách motoru jako např. olej propouštějící těsnění komory kompresoru turbodmychadla, hrozí permanentní poškození vložky filtru pevných částic. Filtr pevných částic, který není možné regenerací při provozu vozidla zregenerovat, je možné buď nechat profesionálně vyčistit, nebo vyměnit. Autoservisy preferují výměnu poškozeného filtru pevných částic za originální nový, kvůli jistotě správné funkce a záruce dlouhodobého bezproblémového provozu.

Odhalení příčiny problémů s filtry pevných částic je obecně velmi komplikované a nákladné. Pro běžného uživatele vozu je jeho odhalení prakticky nemožné. Pouze zkušený automechanik se znalostmi funkcí diagnostického zařízení dokáže příčinu odhalit. Bohužel většina poruch systému filtru pevných částic, kdy je filtr poškozený natolik, že není již těsný, vede k jeho výměně. S výměnou celého filtru pevných částic obvykle souvisí i výměna připojených snímačů a čidel, což vede k značnému navýšení celkových nákladů opravy. Cena originálních filtrů pevných částic je zpravidla několikanásobně vyšší oproti ceně neoriginálního filtru včetně ceny čištění filtru pevných částic.

V zájmu snížení negativních dopadů průmyslu na životní prostředí je důležité vytvořit takové řešení pohonu, kdy již dieselový motor nebude nadále nezbytný. Tím odpadne i nutnost instalace dalších součástí na výfuková potrubí těchto typů motorů – i existence filtrů pevných částic se tedy stane nadbytečnou.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KONSTANDOPOULOS, Athanasios, Margaritis KOSTOGLU, Evangelos SKAPERDAS, Eleni PAPAIOANNOU, Dimitrios ZARVALIS a Evdoxia KLADOPOULOU. *Fundamental Studies of Diesel Particulate Filters: Transient Loading, Regeneration and Aging* [online]. In: . s. - [cit. 2020-02-25]. DOI: 10.4271/2000-01-1016. Dostupné z: <https://www.sae.org/content/2000-01-1016/>
- [2] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. : obr. (některé barev.), tabulky, grafy. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [3] STONE, Richard. *Introduction to internal combustion engines*. 4th ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012, xix, 494 s. : il. ISBN 9780230576636.
- [4] ŠMERDA, Tomáš, Jiří ČUPERA a Martin FAJMAN. *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. 1. vyd. Brno: CPress, 2013. Auto-moto-profi (CPress). ISBN 978-80-264-0160-5.
- [5] PETASCH, Joerg. *Diesel Particulate Filters* [online]. 2013, , 585-606 [cit. 2020-03-29]. ISBN 978-0-12-385470-4.
- [6] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru*. Vyd. 3. Brno: Computer Press, 2009. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-2545-8.
- [7] VELECKÝ, Martin. Filtry pevných částic aneb DPF (1/4): Druhy DPF, jejich plusy a minusy. In: *Autorevue.cz* [online]. 2014 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-1/4-druhy-dpf-jejich-plusy-a-minusy>
- [8] ŽÁK, Dalibor. Filtry pevných částic (DPF) v ojetinách: Kde se vzaly a jaké jsou jejich typy. In: *Autobible.euro.cz* [online]. 2018 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/filtry-pevnych-castic-dpf-ojetinach-se-vzaly-jake-jsou-typy/>
- [9] Konstrukce a pracovní princip DPF. In: *Otomatic.cz* [online]. 2018 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.otomatic.cz/konstrukce-a-pracovni-princip-dpf/>
- [10] VELECKÝ, Martin. Filtry pevných částic aneb DPF (2/4): Spolehlivost filtrů Více na: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-2/4-spolehlivost-filtru>. In: *Autorevue.cz* [online]. 2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-2/4-spolehlivost-filtru>
- [11] VELECKÝ, Martin. Filtry pevných částic aneb DPF (3/4): 7 rad, jak předcházet problémům. In: *Autorevue.cz* [online]. 2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-3/4-7-rad-jak-predchazet-problemum>

- [12] VELECKÝ, Martin. Filtry pevných částic aneb DPF (4/4): Výměna, čištění, vytloukání DPF. In: *Autorevue.cz* [online]. 2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-4/4-vymena-cisteni-vytlokani-dpf>
- [13] Jak čistíme. In: *Dpfbrno.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://dpfbrno.cz/jak-cistime>
- [14] SEILER, V., E. BOECKMANN a P. EILTS. Performance of Undamaged and Damaged Diesel Particulate Filters [online]. In: . s. - [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.4271/2008-01-0335. Dostupné z: <https://www.sae.org/content/2008-01-0335>
- [15] Emission Standards. In: *Dieselnet.com* [online]. 2019 [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [16] Vše o filtrech pevných částic DPF. In: *Dpf-tech.cz* [online]. [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.dpf-tech.cz/filtry-pevnych-castic>
- [17] BEATRICE, Carlo, Maria Antonietta COSTAGLIOLA, Chiara GUIDO, Pierpaolo NAPOLITANO a Maria Vittoria PRATI. *How Much Regeneration Events Influence Particle Emissions of DPF-Equipped Vehicles?*. 2017. DOI: 10.4271/2017-24-0144. Dostupné také z: <https://saemobilus.sae.org/content/2017-24-0144>
- [18] DIMOU, Iason, Alexander SAPPOK, Victor WONG, Shuji FUJII, Hirofumi SAKAMOTO, Kazuya YUUKI a Claus Dieter VOGT. *Influence of Material Properties and Pore Design Parameters on Non-Catalyzed Diesel Particulate Filter Performance with Ash Accumulation*. 2012. DOI: 10.4271/2012-01-1728. Dostupné také z: <https://saemobilus.sae.org/content/2012-01-1728>
- [19] KHAIR, Magdi K. *A Review of Diesel Particulate Filter Technologies*. 2003. DOI: 10.4271/2003-01-2303. Dostupné také z: <https://saemobilus.sae.org/content/2003-01-2303>
- [20] MOREY, Candace J a Jason MARK. *Diesel Passenger Vehicles - Can They Meet Air Quality Needs and Climate Change Goals?*. 2000. DOI: 10.4271/2000-01-1599. Dostupné také z: <https://saemobilus.sae.org/content/2000-01-1599>
- [21] Platina v % 0,010 - 0,049 / vč. vyříznutí keramiky z filtru pevných částic. In: *Druhotnesuroviny.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.druhotnesuroviny.cz/platina-v-0010-0049-vc-vyriznuti-keramiky-z-filtru-pevnych-castic>
- [22] VOJÁČEK, Antonín. Kvalita vzduchu v uzavřených místnostech - 5. Co jsou PM částice? In: *Automatizace.hw.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-5-co-jsou-pm-castice.html>

- [23] KOTTOVÁ, Anna. Měření emisí se provádí za přesně stanovených podmínek. Důležitá je teplota i vlhkost vzduchu. In: *Irozhlaz.cz* [online]. 2015 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.irozhlaz.cz/zpravy-domov/mereni-emisi-se-provadi-za-presne-stanovenych-podminek-dulezita-je-teplota-i-vlhkost-vzduchu_201510140101_akottova2
- [24] ČERMÁK, Ladislav. Selektivní katalytická redukce (SCR): Jak funguje systém, který umožňuje dieselům přežít. In: *Autobible.euro.cz* [online]. 2017 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/selektivni-katalyticka-redukce-scr-kterak-se-zly-nox-stal-hodnym-dusikem/>
- [25] REPASE A OBNOVA FUNKCE ODSTRANĚNÝCH FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC. In: *Dpf-cat.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.dpf-cat.cz/repase-obnova-filtru-dpf>
- [26] DOU, Danan. Application of Diesel Oxidation Catalyst and Diesel Particulate Filter for Diesel Engine Powered Non-Road Machines. In: *Technology.matthey.com* [online]. 2012 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.technology.matthey.com/article/56/3/144-154/>
- [27] MILER, Petr. Filtry pevných částic dieselů si lidé obvykle ničí sami, většinu problémů lze předejít. In: *Autoforum.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/zivot-ridice/filtry-pevnych-castic-dielu-si-lide-obvykle-nici-sami-vetsine-problemu-lze-predejti/>
- [28] Odstranění DPF / FAP – Rozhodně NE! In: *Quantumchiptuning.cz* [online]. 2016 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.quantumchiptuning.cz/odstraneni-dpf-fap>
- [29] DPF Clean Team launches rapid cleaning service. In: *Transportengineer.org.uk* [online]. 2016 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-news/dpf-clean-team-launches-rapid-cleaning-service/141741>
- [30] OUR PROCESS. In: *Thedpfcleaningco.co.uk* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.thedpfcleaningco.co.uk/our-process.php>
- [31] ČIŠTĚNÍ DPF FILTRŮ. In: *Autokopacka.cz* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://autokopacka.cz/dpffiltry.html>
- [32] Čištění DPF. In: *Turbo-tec.eu* [online]. 2017 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.turbo-tec.eu/cz/cisteni-dpf/>
- [33] DIY DPF DELETE / REMOVAL... CAN YOU REALLY DO IT YOURSELF? In: *Hypermiler.co.uk* [online]. 2019 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.hypermiler.co.uk/dpf-diesel-particulate-filter/diy-dpf-delete-removal-can-you-really-do-it-yourself>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CO ₂	Oxid uhličitý
CDTI	Common-Rail Diesel Injection – přeplňovaný typ motoru se vstřikováním typu Common-Rail
CO	Oxid uhelnatý
CR	Common-Rail – systém vstřikování Common-Rail
CRDI	Common-Rail Direct Injection – systém přímého vstřikování Common-Rail
D	Diesel engine – diesellový motor
DI-D	Direct Injection for Denso – systém přímého vstřikování Common-Rail
DPF	Diesel Particulate Filter – filtr pevných částic
EGR	Exhaust Gas Recirculation – recirkulace výfukových plynů
EHK	
OSN	Evropská hospodářská komora organizace spojených národů
EPA	U.S. Environmental Protection Agency – Agentura pro ochranu životního prostředí
EU	Evropská unie
FAP	Filtre à particules – filtr pevných částic
H ₂	Vodík
H ₂ O	Voda
HC	Nespálené uhlovodíky
HDI	High-pressure Direct injection – vysokotlaké přímé vstřikování
HNO ₃	Kyselina dusičná
N ₂	Dusík
N ₂ O	Oxid dusný
NO	Oxid dusnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíku
O ₂	Kyslík
OSN	Organizace spojených národů
PD	Pumpdüse – systém vstřikování čerpadlo-tryska
SCR	Selective Catalytic Reduction – selektivní katalytická redukce
SO ₂	Oxid síry
TDCI	Turbo Diesel Common-Rail Injection – přeplňovaný typ motoru se vstřikováním typu Common-Rail

TDI		Turbocharged Direct Injection – přeplňovaný typ motoru s přímým vstřikováním
λ	[-]	Součinitel přebytku vzduchu